116 吸込み流速のアクティブコントロールによる サンドコレクタの砂泥分粒器への応用 (吹出し流速の砂泥分粒体積に及ぼす影響)

鹿児島大学 野崎 勉^{*}、鹿児島大学 福原 稔、
鹿児島大学(院) 権堀 栄一郎

Application of Sand Collector to Classifier by Active Control of Suction Velocity (Effects of Injection Velocity to Classified Volume)

Tsutomu NOZAKI ^{*}, Minoru FUKUHARA ^{*} and Eiichirou GONBORI ^{**}

Classification of the particles can be achieved by the active control of the suction velocity of a sand collector. In this paper, flow visualization of the classifying region was carried out by changing the injection velocity kept the suction velocity constant. The width of suction slit 100mm is used and the width of injection slit is varied to change the injection velocity. Only the smaller beads are collected from the mixed particles bed which consists of combination of the larger beads(not collected) and the smaller beads(collected). From the results of analyzing the visualized image of the classifying region, the effects of the injection velocity on the classifying volume and classifying time are discussed quantitatively.

1. 緒言

種々の粒径の粒子群からなる砂泥沈積層から、ある粒径以下の粒子のみを取り出すことは従来の技術では困難を伴う。例えば、各種廃棄物に含まれる細かい粒子のみを除去するための、このような分粒作業は環境浄化のためのヘドロ回収作業など実際に必要とされる分野は広い。サンドコレクタ⁽¹⁾⁻⁽³⁾の応用例として、環境浄化装置等に応用可能な吸込みユニット内の吸込み流速のアクティブコントロールによるカットオフ分粒器に関する基礎研究⁽⁴⁾⁻⁽⁶⁾の一環として、水底の表層部に沈積したヘドロなどの有害物質を除去する装置の開発を進めてきた。ここでは、吹出し流速の砂泥分流体積に及ぼす影響を調べるため、流れの可視化実験を行ない、その画像解析により定量的評価をした。また、前報での基礎実験の結果を踏まえ、粗大粒子の浮遊領域を積極的に設けて、吸込みユニットを浮遊部と分粒部に分けた。また、浮遊部をテーパ状にして減速流を生ぜしめ、効率よく分粒が行えるよう工夫を施した。さらに、前報では吸込みユニットが軸対称であったが、実際上の作業性を考慮して縦横比の大きいスリット形ノズルとし、吹出し流量と吸込み流量は等流量で循環流型とした。

^{*} Faculty of Engineering, Kagoshima University, ^{**} Graduate School of Engineering, Kagoshima University.

2. 実験装置および方法

Fig.1 は実験装置の概略を示したものである。吹出しユニット ① 内に設けられた多孔板により整流された吹出し流は可変ノズル幅 $B_i = 4, 6, 8, 10\text{mm}$ の吹出しスリット ② から試験水槽 ③ 内のビーズ沈積層 ④ に吹出され、吹出し流によって流動化された分粒領域 ⑤ 内の微細粒子は粗大粒子と共に幅 $B_s = 100\text{mm}$ の吸込み口 ⑥ から吸上げられる。この際、吸込みユニット ⑦ 内にテーパ状に設けた浮遊部 ⑧ によって吸込み流速が次第に減速されるため、粗大粒子は浮遊部内で上昇・下降を繰り返す。そして微細粒子の臨界速度となる流速に設定された分粒部 ⑨ で、微細粒子と粗大粒子は分粒され、微細粒子のみが回収される。本実験装置は

① Injection Unit ④ Spherical Glass Beads ⑦ Suction Unit
② Injection Slit ⑤ Cleaning Region ⑧ Floating Section
③ Test Vessel ⑥ Collecting Mouth ⑨ Classifying Section

Fig.1 Experimental apparatus

Table 1 Combination of beads

	Bead dia.range μm	Apparent density kg/m^3
Small beads	$d_s = 150 \sim 212$	1494
Large beads	$d_L = 840 \sim 1190$	1531

Bead density : 2520 kg/m^3

実機を想定し、X-Z面で半割にした断面を可視化できるようにし、二次元性を得るため奥行き長さ $L=300\text{mm}$ とした。沈積粒子として球形ガラスビーズを用い、Table 1 にその仕様を示す。また、可視化のために微細粒子は着色し、粗大粒子との区別を視覚的に行えるようにした。ビーズの混合比は粗大粒子と微細粒子の細密充填の条件を選び、粗大粒子に対する微細粒子の重量混合比は 0.39 である。吸込み口近傍の分粒の状態をビデオカメラで撮影し、微細粒子が回収され、粗大粒子のみとなった分粒領域を分粒体積 V とする。

3. 実験結果および考察

Fig.2 は例として吹出しノズル幅 4mm における分粒時間 $T = 0.5, 1.0, 2.0\text{sec}$ 及び分粒完了時における分粒領域の可視化写真を示している。吹出し流によりビーズ沈積層が流動化され、流動化された微細粒子と粗大粒子の一部は吸込まれ、効率よく分粒が行われている。特に、分粒開始初期における分粒速度が大きいことが定性的にこれらの写真からも明かである。Fig.3 はこれら一連の可視化写真から得られる各分粒時刻における最大分粒深さの関係を吹出しノズル幅をパラメータとして示している。吹出しノズル幅が小さくなるにつれ、吹出し速度が増加するため、分粒深さは大きくなる。また、ノズル幅にかかわ

Fig.2 Pictures of classification at each instance

Fig.3 Relations between classified depth and classifying time

Fig.4 Relations between classified volume and classifying time

らず、分粒初期における分粒深さの変化率が大きいがわかる。Fig. 4 は沈積層と流動層の境界で示される分粒境界をスリット幅方向について積分することによって得られる分粒体積と分粒時間の関係を吹出しノズル幅をパラメータとして示している。Fig. 3 に示した分粒深さとはほぼ同様な結果が得られているが、 $Bi=6.0\text{mm}$ と 8.0mm を比較すると、分粒深さに明らかに違いがみられるのに対し、分粒体積に顕著な違いは見られない。これは

Fig.5 に示す $T=1.5\text{sec}$ における分粒境界から明らかなように、 $Bi=8.0\text{mm}$ の場合、幅方向の広がりが生じ、結果として分粒体積は $Bi=6.0\text{mm}$ の場合と同等となる。一連の可視化実験の結果から、ある程度吹出し流速が大きくなると流動層内の安定した大規模渦が噴流の左右に形成され、これが分粒作用を促進することがわかった。分粒作業効率は吹出しノズル幅が小さいほど良くなるが、ノズル幅が極端に小さくなるとノズル部の局所損失が大きくなる。従って、最適ノズル幅は分粒機全体のシステム効率を検討して決定すべきである。

Fig.5 Classified boundary at each instance

4. 結論

吹出しを備えた砂泥回収装置（サンドコレクタ）の応用として、吸込み速度のアクティブコントロールによる分粒機に分粒ユニットの可視化実験から、次の結論が得られた。

分粒ユニット入口部をアスペクト比の大きい長方形スリットノズル（二次元ノズル）とすることで、實際上、より効率よい作業が可能となる。さらに、軸対称ノズルでは実現できなかった吹出しと吸込みの流量を等しくできるので、分粒後セパレータを通過した清澄水を全て吹出し流として再利用できる。従って、水処理の必要もなく、省資源にもつながる分粒機の構築が可能である。

分粒効果の観点から、吹出しノズル幅は小さいほど分粒作業は速く行われるが、ノズル幅を極端に小さくすると圧力損失が大きくなるので、流動層内に大規模渦が形成されることと、粗大粒子径、形状や密度などの沈積層の態様を考慮して、最適吹出しノズル幅はシステム効率を考慮して検討する必要がある。

参考文献

- (1)野崎・中西・永崎・福谷、機論、56-522,B(1990),514. (2)Nozaki,T.,Nakanishi,K.,Fukuhara,M.and Fujii,T., ASME-FED,118(1991),219. (3)Nozaki,T.,Fukuhara,M. and Shii,Y., 混相流, 8-1(1994),33. (4)野崎・福原・権堀、機講論、940-10(1994),13. (5)Nozaki,T.,Fukuhara,M.,Abe,S. and Gonbori,E.,Proc.FLUCOME'94,(1994). (6)野崎・福原・権堀、機論、60-575,B(1994),2453.