

## 土捨船から排出される土砂の拡がりについて

日本大学大学院 正会員 山本忠幸  
 日本大学大学院 学生会員 三上 裕  
 日本大学理工学部 フェロー 竹澤三雄

## 1. まえがき

土捨船による土砂の海中投棄は排出管から排出して所定の位置に着底するとき、その沈降過程においてどの程度分散するかを予測する必要がある。本研究は、停止中の土捨船から土砂を噴出させるとき、走行中の土捨船から土砂を排出させるとき、潮流の影響のあるときについて、土砂の拡がりについて検討したものである。

## 2. 船の適用

図-1 のようなドラッグヘッドの開口部をもつ土捨船で、砂を投棄した場合の砂の広がりを予測してみる。土捨船の諸要目は次のとおりである。排砂見かけ容積濃度  $N_v=10\sim30\%$ 、排出土砂流量  $Q=8000\text{m}^3/\text{hr}=2.22\text{m}^3/\text{sec}$ 、船の前進速度  $v_u=1.25\text{m}/\text{sec}$ 、ドラッグヘッドの開口部総面積  $A=2.7\text{m}^2$

## 3. 停止中の土捨船から噴出する場合

排出土砂量  $Q=2.22\text{m}^3/\text{sec}$  を開口部から流出させる場合、図-1 に示されている開口ドラッグヘッド開口部どのように扱うかが問題になる。開口部総面積  $2.7\text{m}^2$  に等しい面積を持つ円形と仮定する(第1 仮定)場合、砂の広がり面積は実際より小さく計算され、流速は大きくなると考えられる。次は、各単独の開口部を出た流れは、間もなく一体となって、開口部の隔壁(厚さ 10cm)の影響はなくなるであろうという想定で、全開口部を3つに分け、周囲の隔壁を除いた部分、両側  $87\text{cm}\times78\text{cm}$ 、中央部  $88\text{cm}\times97\text{cm}$  の面積を一体のものであるとして、これらの合計  $3.77\text{m}^2$  を流出面積と仮定する(第2 仮定)場合、流出面積は第1 仮定より大きくなる。そこで、第1 仮定、第2 仮定を開口部から離れた位置  $z$  の中心流速  $u_c$  と、流速の広がり半径  $R$ 、円管直径  $d_0$  を噴流式<sup>1)</sup>に適用して求めた結果、表-1 のとおりである。表-1 から明らかなように、第1、第2 仮定とも開口部からの吐出流速  $u_0$  と、開口部からの距離  $z=5\text{m}$ 、 $10\text{m}$  の中心流速を比べると実情に合わない。厳密には、 $z$  が  $d_0$  の 6.25 倍の距離がなければならない。

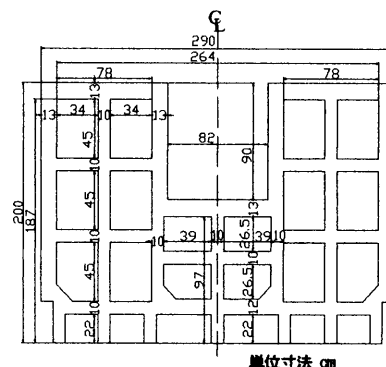


図-1. ドラッグヘッドの開口部

## 4. 走行中の土捨船から排出する場合

排砂口が前進方向に  $30^\circ$  前傾して、 $1.25\text{m}/\text{s}$  の速度で進みながら排砂流量  $2.22\text{m}^3/\text{sec}$  を放出した時、砂の広がり

表-1. 中心流速の計算結果

| z<br>(m) | R<br>(m) | 第1仮定<br>$A_1=2.7\text{m}^2$ $Q=2.22\text{m}^3/\text{s}$<br>$d_0=1.85\text{m}$ $u_0=0.82\text{m}/\text{s}$ | 第2仮定<br>$A_2=2.7\text{m}^2$ $Q=2.22\text{m}^3/\text{s}$<br>$d_0=2.19\text{m}$ $u_0=0.83\text{m}/\text{s}$ |
|----------|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|          |          | $u_c$<br>(m/s)                                                                                            | $u_c$<br>(m/s)                                                                                            |
| 5        | 1.2      | 1.89                                                                                                      | 1.6                                                                                                       |
| 10       | 2.4      | 0.94                                                                                                      | 0.8                                                                                                       |
| 15       | 3.6      | 0.62                                                                                                      | 0.54                                                                                                      |
| 20       | 4.8      | 0.47                                                                                                      | 0.4                                                                                                       |
| 25       | 6        | 0.38                                                                                                      | 0.32                                                                                                      |
| 30       | 7.2      | 0.31                                                                                                      | 0.27                                                                                                      |

キーワード：埋立地・土捨船・土砂

連絡先：東京都千代田区神田駿河台 1-8 日本大学理工学部土木工学科 TEL/FAX：03-3259-0676

に独立した帯となり、その帯の後には後流(渦)ができて、 $v_R$ の流速は急激に減衰する。そのあとは、砂がほぼ垂直に沈降してゆく。したがって前進速度及び前傾角度の影響も長くは続かず、多分吐出後3～4mの範囲で殆んど消されるのであろうと思われる。そして砂はしだいに分散して濃度を薄めながら沈降していくので、結局、排砂口走行の場合、濃度減少の影響だけ考えればよいことになる。

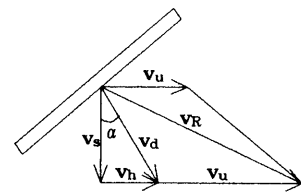


図-2. 前進速度と前傾角

#### 5. 潮流がある場合

走行しながら排砂される時に、潮流がある場合、砂の広がりには次のように考えられる。いま、図-3のように潮流流速  $u$  とすると、砂が着地するまでに流される水平距離  $s$  は  $s = u \cdot t \sin \beta$

で表せる。ここに  $s$  : 砂の水平移動距離、 $u$  : 潮流流速、 $t$  : 砂の沈降時間、 $\beta$  : 船の進行方向と潮流のなす角である。砂の沈降時間  $t$  は排砂された直後、水深3～4mの区間は排砂流速がほぼ保たれて、多少速い速度で沈降するが、それ以後は、かなりゆっくりと沈降する。そこで、実船の排砂濃度は10～30%、砂が沈降するのにしたがって濃度が薄められていくので、仮に平均濃度が10%

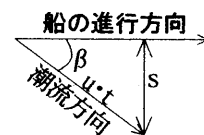


図-3. 潮流方向

の濃度で沈降していくだろうと推定して、砂種別によって沈降速度は違うが、標準砂を考えると、管走行中の実験結果から、見かけ容積濃度10%の砂群の沈降速度は約10cm/sとなっている。したがって、砂の横方向移動距離は  $s = u(h/0.1) \sin \beta$  [m] になる。ここで  $h$  : 排砂口から海底までの水深で、いま水深10m、潮流流速30cm/s、潮流方向が船の進行方向に対して90°の場合には、標準砂で約30m流されることになる。しかし、他の大きい粒径の砂を使用したならば、沈降時間が速くなるため、流される距離はより短くなるものと推定される。

#### 6. 着地した砂の横走りについての検討

着底した砂が横方向に走るかどうかを決める要素としては、1)砂群が砂塊のまま着底する場合 2)排出流速が大きく、かつ水深が浅くなると着地流速も大きくなる場合 3)着地流速が砂の掃流限界流速を超える場合がある。1)については、実船は濃度10～30%で砂は当初から水と混合されて吐出されるから、砂塊のまま落下する事になる。また、実験において管内濃度5～15%程度で、管が静止している場合、沈降砂は静かに接地し横走りすることはなかった。2)については排砂吐出流速が0.82m/s、また前傾角30°を考慮に入れると鉛直吐出流速0.71m/s、さらに排砂しながら1.25m/sの速度で前進すると水深3～4m程度で前進速度および前傾角の影響は消えそれ以後、濃度がうすくなり静かに接地し、横走りの心配はないと考えられる。3)については、管口が静止している場合、砂が着地する速度は平均沈降速度より小さく、それが砂面に衝突して横方向の流速に変わる。その水平流速が掃流限界流速より小さいため横走りはしなかったと考えられる。また、いま実船が静止して排出流速82cm/sで吐出されるとき、水深30mくらいまで鉛直噴流流速30cm/sで底面砂を動かす可能性がある。したがって、水深30mまでは砂は横走りすると考えられる。さらに、任意粒径の砂に対する掃流限界流速については検討したが、鉛直噴流による砂の動き始め流速は砂の粒径(0.1～2.5mm)に関係なくほぼ30cm/sで、粒径によって異なるが、従来の掃流限界流速の約10～25倍で砂が動き始めると推定される。

#### 7. 結び

以上のように、海中に土捨船によって砂を投棄する場合、土捨船が停止中ならびに走行中の土捨船から土砂の排出速度と砂の広がりについて実規模で計算した結果について考察したが、さらに、これらの結果が従来の理論式で十分であるかどうかを今後検討したい。

#### 参考文献

1) 米良力、山本忠幸、竹澤三雄：砂群の沈降過程における分散に関する実験的研究、海洋開発論文集、土木学会、Vol.18, pp.575-580, 2002.