

II-308 底開式バージ船から投入された捨石粒子群の流出特性について

大阪市立大学工学部 正会員 小田一紀

大阪市立大学大学院 学生員 樋口俊光 岡本良治

東洋建設(株) 正会員 岩田 潔

1. はじめに

筆者らは底開式バージ船から大水深域に投入された捨石粒子群の堆積形状を予測するため、その沈降散乱過程を近似的に拡散現象とみなして次のような理論式を導き、縮尺1/60の模型実験によって式中の未知定数 Kw を決定するとともに、 Kw に影響を及ぼす因子とそれらの間の定量的関係を研究してきた¹⁾²⁾。

$$d(x, y)_{z=h} = \frac{W_t}{64\pi a b \sqrt{\pi}} \cdot \frac{h}{w_0} \cdot \frac{1}{\sqrt{Kw/h}} \int_0^{\hat{t}} (\hat{t} - \hat{\tau})^{-\frac{3}{2}} (1 + \hat{t} - \hat{\tau}) \times \exp \left\{ - \left(\frac{1 - \hat{t} + \hat{\tau}}{2\sqrt{Kw/h} \cdot (\hat{t} - \hat{\tau})} \right)^2 \right\} \\ \times \left[\operatorname{erf} \left(\frac{(a-x)/h}{2\sqrt{Kw/h} \cdot (\hat{t} - \hat{\tau})} \right) + \operatorname{erf} \left(\frac{(a+x)/h}{2\sqrt{Kw/h} \cdot (\hat{t} - \hat{\tau})} \right) \right] \\ \times \left[\operatorname{erf} \left(\frac{(b-y)/h}{2\sqrt{Kw/h} \cdot (\hat{t} - \hat{\tau})} \right) + \operatorname{erf} \left(\frac{(b+y)/h}{2\sqrt{Kw/h} \cdot (\hat{t} - \hat{\tau})} \right) \right] \times f(\hat{\tau}) d\hat{\tau} \quad (1)$$

ここに、 W_t :投入粒子群の総重量、 $\hat{t}=w_0 t/h$ 、 $\hat{\tau}=w_0 \tau/h$:無次元時間、また $Kw=K/w_0$:広がりやすさを表す有次元パラメータ(cm or m)である。

その結果、 Kw は主として捨石粒子群の単位時間当りの最大流出量 $q_{\max}$ に依存し、それが大きくなると増大する、また、材料の通過重量百分率が30%における碎石単体重量 W_{30} が小さいほど Kw は大きくなること¹⁾、この種の模型実験にはフルード則が適用でき、現地と模型実験で最大流出量 $q_{\max}$ を相似にすれば堆積形状に関して縮尺影響は見られないこと²⁾、などが明らかとなった。しかし、本理論式を用いて実際に現地で捨石マウンドを造成する場合には、最大流出量 $q_{\max}$ を制御しなければならないが、現時点では、開扉幅 b および開扉速度 v と最大流出量 $q_{\max}$ との関係は明らかにされていない。そこで、今回は開扉幅および開扉速度の変化が単位時間当りの最大流出量 $q_{\max}$ にどのような影響を与えるかを調べるとともに最大流出量 $q_{\max}$ の制御方法を明らかにする。

2. 実験の方法

捨石粒子群の投入には1000m³型底開式バージ船のホッパー部分を実物と幾何学的に相似にした縮尺1/60模型船を使用した。ホッパー長さは48.2cmであり、底扉の開放は小型モーターによって制御し、開扉幅 b を2.0~4.3cm、開扉速度 v を0.5~1.3cm/secと変化させた。開扉幅 b 、開扉速度 v の測定は底扉の回転軸に取り付けたポテンシオメータによって行った。模型船の噴水は平均噴水(満載噴水と掲載噴水の間噴水)に一致するようにワイヤーで吊り下げ、水面上に固定されたロードセルに連結して捨石流出量の時間変化をペンデコで記録し、0.5秒刻みで累積流出量を読み取りそこから最大流出量を算出した。

捨石粒子群はコンクリート用碎石を用い、広範囲な重量分布を有するA材料と比較的均一な重量分布を有するC材料を用いた(図-1)。各々の単位体積重量は1.512gf/cm³、

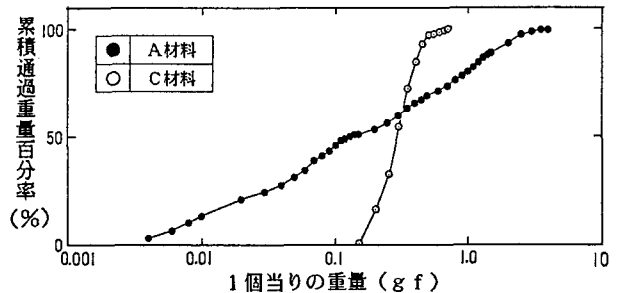


図-1 使用材料の重量分布

1.368gf/cm³ であり、投入体積はいずれも4630cm³ に設定した。

3. 実験結果

図-2に開扉状態と捨石流出量の時間変化の計測結果の一例を示す。これから底扉の開扉幅が最大になる前後で単位時間当りの流出量も最大になっている。他の場合も同様の傾向を示している。これは底扉の開放中にはホッパー内の捨石粒子が重力によって落下しようとするのを加速度的に増大させているからと考えられる。

A材料およびC材料の開扉幅 b および開扉速度 v_d と最大流出量 q_{max} の関係を図-3、図-4に示す。図中の実験結果に付されている縦線は数回の実験値のばらつき幅を表している。両材料とも開扉速度 v_d が1.3cm/secのときは開扉幅 b の増加にともなって最大流出量 q_{max} は増大し、開扉速度 v_d が小さくなるにつれて開扉幅 b の影響を受けなくなる。また、開扉速度 v_d が大きい場合、開扉幅 b と最大流出量 q_{max} の関係はA材料とC材料ではほぼ等しいが、開扉速度 v_d が小さい場合、開扉幅 b が同じでもC材料の q_{max} のほうが小さくなる。これは開扉速度 v_d が小さいと重力による落下作用が減少し、捨石流出現象は粒子間の摩擦力に左右されるようになり、材料の重量分布の違いによって単位時間当りの最大流出量が変わるからであると考えられる。

4. 結論

本研究の結果、以下のような結論を得た。

- 1) 捨石のような大粒径の粒子群の流出現象は重力と粒子間摩擦に依存するが、開扉速度 v_d が大きいときには重力の作用が卓越し、開扉幅 b と単位時間当りの最大流出量 q_{max} との関係は材料が変わっても変化しない。
- 2) 単位時間当りの最大流出量 q_{max} は底扉の開放が終了する前後で発生し、開扉幅 b 、開扉速度 v_d を変化させることによって自由に設定できることが明らかになった。

今回は、ホッパー長さを一定としたが、種々の捨石投入船に適用するためにはホッパー長さを変化させて、ホッパー長さと最大流出量 q_{max} の関係を調べる必要があると思われる。

〈参考文献〉

- 1) 小田一紀、他：底開式バースから投入された捨石粒子群の堆積形状に関する研究、第34回海講 pp.281-285、1987。
- 2) 小田一紀、他：石運船から投入された捨石粒子群の体積形状に及ぼす実験の縮尺影響、第42回年講 pp.610-611、1987。

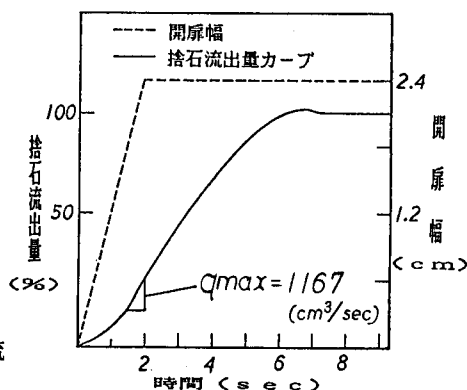


図-2 開扉状態と捨石流出量カーブ

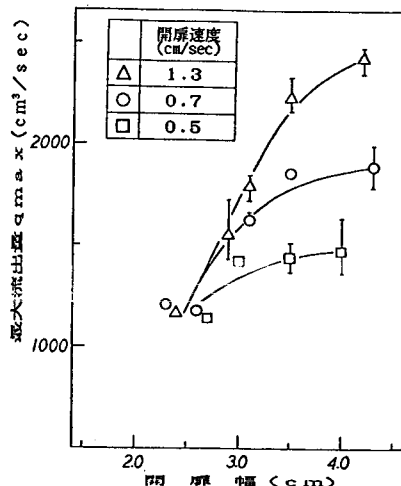


図-3 開扉幅、開扉速度と最大流出量 q_{max} (A材料)

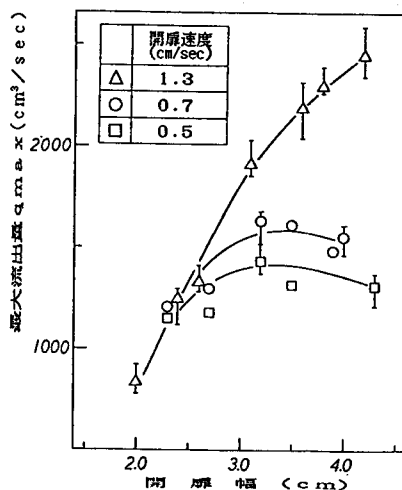


図-4 開扉幅、開扉速度と最大流出量 q_{max} (C材料)