

バージ船から投入された捨石の堆積形状に及ぼす重量分布の影響

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 ○沢田充弘 樋口俊光

東洋建設(株) 正会員 岩田 潔

1. はじめに 筆者らは、大水深海域におけるバージ船から投入された捨石粒子群の沈降挙動を近似的に一種の拡散現象とみなし、三次元拡散理論を適用して、水底における堆積形状を予測する次のような理論式を導き、式中の未知定数 Kw の値を実験によって調べてきた。

$$d(x, y)_{z=h} = \left(\frac{W_t}{64\sqrt{\pi}ab\tau} \right) \frac{1}{\sqrt{Kw/h}} \int_0^\infty \tau^{-3/2} (1+\tau) \cdot \exp \left\{ -\frac{1}{4Kw/h} \frac{(1-\tau)^2}{\tau} \right\} \\ \cdot \left[\operatorname{erf} \left\{ \frac{(a-x)/h}{2\sqrt{Kw/h}\sqrt{\tau}} \right\} + \operatorname{erf} \left\{ \frac{(a+x)/h}{2\sqrt{Kw/h}\sqrt{\tau}} \right\} \right] \\ \cdot \left[\operatorname{erf} \left\{ \frac{(b-y)/h}{2\sqrt{Kw/h}\sqrt{\tau}} \right\} + \operatorname{erf} \left\{ \frac{(b+y)/h}{2\sqrt{Kw/h}\sqrt{\tau}} \right\} \right] d\tau$$

d : 堆積高さ, W_t : 粒子群の総重量, a, b : 開扉幅, ホッパー長, h : 水深

τ : 粒子群の見かけの単位体積重量, Kw : 粒子群の拡がりやすさを表す実験定数 (cm²/m)

$\tau = t/T$: 無次元時間 (T : 粒子群の平均的な沈降時間)。

この理論式は、着定後の石の慣性による流動、群粒の沈降にともなう水底近傍での連行流の影響が考慮されていない不完全なものであるが、これまでの研究の結果、ある条件下では、理論式中の実験定数 Kw の値を適切にとれば、この理論から予測される堆積形状が実験結果とほぼ一致すること、またこの実験定数 Kw がバージ船から投入される捨石粒子群の単位時間あたりの最大流出量 q_{max} と密接な相関性のあることが明らかになった。しかし、たとえ q_{max} の値が同じでも、材料の重量分布が異なれば Kw の値が相違することが若干の実験から示唆されたので、今回は、重量分布の違う6種類の材料を用いて、縮尺1/60実験(水深100cm)を行い、材料の重量分布と堆積形状との関係を調べた。

2. 材料の重量分布が堆積形状に及ぼす影響 1) 重量分布勾配の影響 図-1に示すA1、A2およびA3材料を用いた実験の結果(図-2)から、重量分布勾配がほぼ等しい相似粒度材料であれば、 W_{50} (通過重量百分率が50%における碎石単体重量)の値が小さい材料ほど Kw は大きくなる、すなわち、よく拡がること、また、図-3に示すA(現地標準材料の重量分布に相似な材料)、A4、およびA5材料を用いた実験の結果(図-4)から、 W_{50} 以上の重量分布は異なるがそれ以下の重量分布がほぼ等しいA材料とA4材料においては Kw の値はほぼ等しい。これに反して、 W_{50} 以上の重量分布はほぼ等しいが、それ以下の重量分布が異なるA4材料とA5材料においては、A4材料の方が大きな Kw を示すことが見いだされた。以上のことから、材料の重量分布勾配は、堆積形状にあまり影響を及ぼさず、細粒分(W_{50} 以下の粒子群)が大きな影響を及ぼしていると考えられたので、さらに細粒分の影響について考察を加えた。 2) 細粒分の影響 捨石粒子群の水中落下過程の現象をVTRで観測した結果、材料中の細粒分の量が多くなると、群粒の投入初期における単位時間当りの流出量が比較的大きくなり、このため群粒の沈降速度が大きくなることがわかった。

Kazuki ODA, Mituhiro SAWADA, Toshimitsu HIGUCHI, Kiyoshi IWATA

このことは、沈降過程での粒子群の拡がりを大きくすると同時に着底前の運動量をも大きくし、結果として着底後の粒子群の横への拡がりを増大させることになる。また、このことは、沈降に伴う連行流の速度をも速め、従って、水底付近において比較的大きな水平流を発生させ、粒子群の横への拡がりを一層増大させると考えられる。そこで、細粒分の影響を表す指標として何が適しているかを検討するため、各材料の W_{10} , W_{20} , W_{30} , W_{40} および W_{50} の値と堆積マウンドの拡がりやすさとの関係を調べたところ、表-1に示すような結果を得た。表-1中の材料名の欄には拡がりやすさを表す指標としての K_v の値の大きい順に材料名を記してあり、()中の数字はその順位を表している。一方、例えば、 W_{10} の欄における()中の数字はその欄における W_{10} の値の小さい順番を示している。この両者を比較すると、両者の順位が一致しているのは W_{30} であることがわかる。このことは、 W_{30} の値が小さい材料ほど堆積マウンドが拡がりやすいということを意味しており、細粒分の影響を表す指標としては、材料における W_{30} （通過重量百分率が30%における碎石単体重量）が適していることが示唆される。

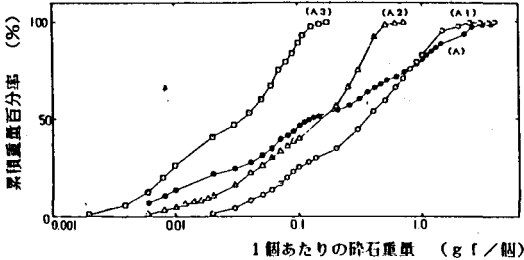


図-1 A1材料、A2材料、A3材料の重量分布

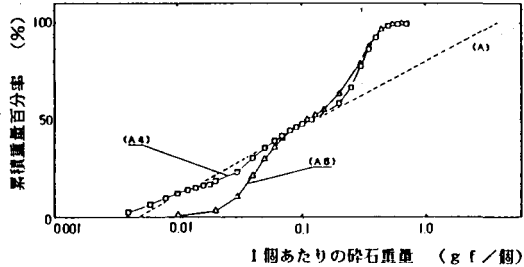


図-3 A4材料、A5材料の重量分布

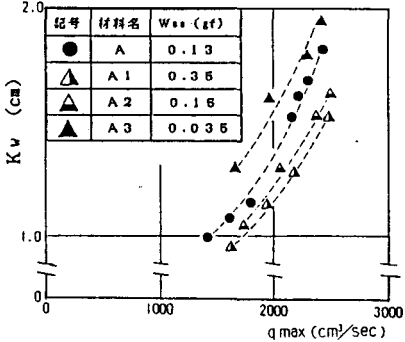


図-2 A1材料、A2材料、A3材料の q_{max} と K_v の関係

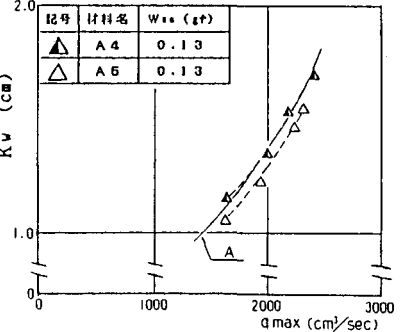


図-4 A4材料、A5材料の q_{max} と K_v の関係

表-1 各材料の拡がり順位と通過重量百分率 W_n の順位との関係

材料名	W_n	W_{10} (gf)	W_{20} (gf)	W_{30} (gf)	W_{40} (gf)	W_{50} (gf)
A 3 (1)	0.005 (1)	0.008 (1)	0.012 (1)	0.019 (1)	0.035 (1)	
A 4 (2)	0.008 (2)	0.024 (3)	0.041 (2)	0.065 (2)	0.13 (2)	
A 3 (3)	0.008 (2)	0.019 (2)	0.044 (3)	0.075 (4)	0.13 (2)	
A 5 (4)	0.03 (5)	0.04 (5)	0.052 (4)	0.074 (3)	0.13 (2)	
A 2 (5)	0.02 (4)	0.036 (4)	0.06 (5)	0.1 (5)	0.16 (5)	
A 1 (6)	0.037 (6)	0.072 (6)	0.14 (6)	0.25 (6)	0.35 (7)	
C (7)	0.18 (7)	0.21 (7)	0.24 (7)	0.27 (7)	0.29 (6)	

3. まとめ 今回の実験によって以下のことが明らかになった。1)捨石粒子群の堆積形状は、粗粒分の重量分布が同じでも細粒分の重量分布が異なると異なる。しかし、粗粒分の重量分布が異なっても、細粒分の重量分布が同じであればほぼ同じである。2)細粒分の影響を表す指標として W_{30} の値が適しているようであり、この値が小さいと K_v の値が大きくなり、堆積マウンドは拡がりやすくなる。