

捨石粒子群の堆積形状に関する水理実験の相似律について

大阪市立大学工学部 正員 小田一紀
 大阪市立大学大学院 学生員・松井圭一
 御所市役所 安達友彦
 東洋建設(株)鳴尾技術センター 岩田潔

1. まえがき： 水中に投入された粒子群の堆積形状に関する水理実験の相似性について述べられた文献には、奥出¹⁾、古野²⁾、安藤³⁾によるものがあり、いずれにおいてもフルード則の適用の妥当性が指摘されているが、必ずしも十分に検討されているとは言えない。本研究は、大水深海域を対象として底開式バージからの捨石投入の縮尺 $1/60$ 実験および $1/20$ 実験を行い、両者を比較して、その相似律について若干の考察を行った。

2. 実験方法： 1000 m^3 型底開式バージの $1/60$ 模型（浮体構造）を用い、各実験ケースごとに同一地点に同種材料を複数回投入し、1投ごとにマウンド堆積高さを船長・船幅方向とも 10 cm ピッチで測定を行った。ただし底扉は、実船では油圧解除によって比較的緩慢に開き、 $1/20$ 模型ではほぼその現象を再現させていたるが、 $1/60$ 模型では単に捨石重量、底扉重量およびその浮力の釣合関係を保つて開くようになっており、ほぼ瞬時に開くところが前者とは異なる。

3. 使用材料： $1/60$ 実験に用いた捨石材料の重量分布は図-1に示すとおりである。A材料、B材料、C材料のそれぞれの 50% 重量 W_{50} （累積重量が 50% となる1個あたりの重量）は、 0.88 gf 、 0.69 gf 、 0.29 gf である。

図-2は、 $1/20$ 実験に使用した捨石材料の重量分布を示す。

$1/60$ および $1/20$ 実験での使用材料の W_{50} の値をフルード則で現地換算すると、前者では $63 \sim 190 \text{ kgf}$ 、後者では $43 \sim 272 \text{ kgf}$ の範囲にある。

4. 結果と考察： 表-1および表-2はそれぞれ $1/60$ 、 $1/20$ 実験の実験条件と結果をまとめたものである。表中に示すKT値は、式(1)に示す小田⁴⁾の近似的な拡散モデルによる堆積高分布の予測式を1投目および3投目の実験データに適用し、実験値に最も合うように逆算して求めたものの平均値を表す。

$$C(x,y,T) = \frac{C_0}{4\pi KT} \int_{-\infty}^{b_x} \exp\left(-\frac{(x-a)^2}{4KT}\right) da \cdot \int_{-\infty}^{b_y} \exp\left(-\frac{(y-b)^2}{4KT}\right) db \quad \dots (1)$$

ここで、 C_0 は単位面積あたりの投入量（投入量/開扉面積）、 b は開扉幅、 x はホッパー長さ、 y はホッパーの中心を原点とした船幅、船長方向への座標値、 K は拡散係数、 T は捨石粒子群が水底に到達するまでの時間を表す。

Kazuki ODA, Keiichi MATSUI, Tomohiko ADACHI, Kiyoshi IWATA,

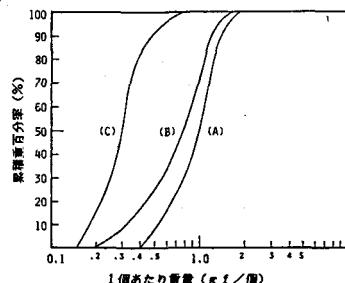


図-1 $1/60$ 実験の使用材料の重量分布

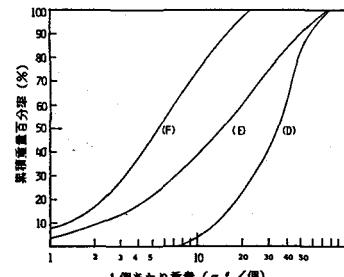


図-2 $1/20$ 実験の使用材料の重量分布

表-1, 表-2の結果から、平均的単位時間あたりの投入量 q_m (投入量/投入時間) と KT の関係をフルード則で現地換算して表れると図-3のようになる。図-3からほぼ次のようことが言える。

- 1) $\frac{1}{60}$ 実験および $\frac{1}{20}$ 実験ともに KT と q_m の関係は粒子の違い (W_{50} の違い) にあまり関係なくそれぞれ 1 つの曲線で表れられるようである。
- 2) q_m が大きくなるほど KT が大きく、すばれ堆積幅が拡がる傾向をもつ。
- 3) $\frac{1}{60}$ 実験と $\frac{1}{20}$ 実験では KT ~ q_m 関係は明確に異なる。

上記 3) の相違は、縮尺影響によるものとは断定しがたく、投入方法 (投入量の時間的変化) の違いが大きく影響しているのではないかと考えられる。

図-4 (a) および (b) は $\frac{1}{60}$ 実験、 $\frac{1}{20}$ 実験における開扉幅と投入量の時間的変化をフルード則で現地換算した結果の一例を示す。ここで図-4 (a) に示す $\frac{1}{60}$ 実験では、底扉の開放が瞬間に行われるため、単位時間あたりの投入量 q_m (実線の勾配) が始めから最大となり、その後だんだん減少する上凸型の投入特性を示す。それに対して図-4 (b) の $\frac{1}{20}$ 実験では、最大開扉幅にいたるのが 40 sec 程度たってからであり、 q_m は投入初期は漸増し、投入後 25 sec 程度で最大となる弱 S 字型の投入特性となる。

5. 結び： 今回の縮尺 $\frac{1}{60}$ と $\frac{1}{20}$ 実験の結果の比較から投入量の時間的変化状態が堆積形状に大きく影響を及ぼす可能性が指摘される。今後、投入量の時間的変化の影響をさらに詳細に調べた上で縮尺影響を検討する必要がある。

6. 参考文献：

- 1) 岩出ら、底開式バージによる粒石マウンドの造成に関する実験、港研報告 Vol.21 No.4 1982
- 2) 古野ら、粒石投入船の開扉試験、開港局建設技術 Vol.14 No.57 1979
- 3) 宇農、粒石投入船の荷運実験、開港局建設技術 Vol.14 No.57 1979
- 4) 小田ら、石運船から投入された粒石粒群の堆積形状に関する基礎的研究、第31回海講論文集、1984

表-1 $\frac{1}{60}$ 実験の実験条件と結果

CASE	投入量 (cm ³)	ホッパー 長さ (cm)	開扉幅 (cm)	開扉時間 (sec)	粒子	KT (cm ²)
1	4630	48.2	2.3	7.7	B	54
2	4630	48.2	2.6	6.4	A	56
3	4630	48.2	2.6	5.7	B	70
4	4630	48.2	3.0	4.0	B	116
5	4630	48.2	2.7	3.3	C	173
6	4630	48.2	1.7	6.9	C	58
7	4630	48.2	1.9	5.9	C	68
8	4630	48.2	2.1	5.0	C	79
9	4630	48.2	2.3	3.9	C	124
10	4630	48.2	2.2	4.4	C	96
11	4630	48.2	1.6	7.3	C	51

表-2 $\frac{1}{20}$ 実験の実験条件と結果

CASE	投入量 (cm ³)	ホッパー 長さ (cm)	開扉幅 (cm)	開扉時間 (sec)	投入時間 (sec)	粒子	KT (cm ²)
1-1	125000	145	8.0	8.0	14.2	F	545
1-2	125000	145	9.0	6.5	13.6	D	461
2-1	125000	145	10.0	6.4	9.7	E	985
2-2	125000	145	12.0	5.7	8.1	E	1209
2-3	125000	145	12.0	5.5	8.0	F	1433
2-4	125000	145	12.0	3.7	7.0	F	1714

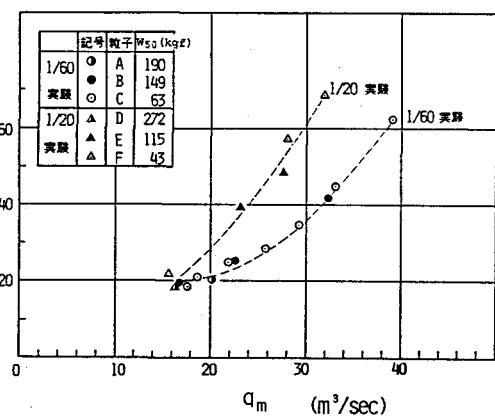
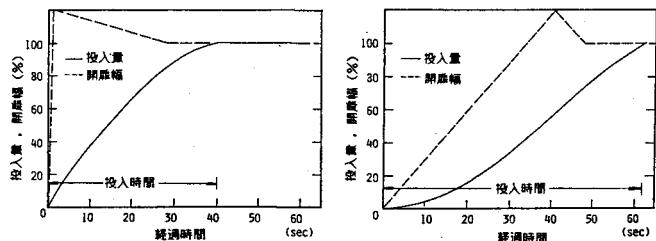


図-3 q_m と KT の関係



(a) 縮尺 $\frac{1}{60}$ 実験

(b) 縮尺 $\frac{1}{20}$ 実験

図-4 現地換算した開扉幅と投入量の時間的変化状態