

II-16 捨石投入船の模型実験

北海道開発局建設機械工作所 団体会員, ○安濃 豊

1 ま え か き

防波堤工事に於て基礎マウンド工事は非常に大きな部分を占めているが、大量施工を要求されている現在の防波堤工事では未だ能率面で不十分であると言わざるをえない。特に捨石投入については、現在バット船や駁による投入が大部分を占め一部で全開式、あるいは底開式石運船が用いられている。前者の方法は精度の点で非常にすぐれているが能率の点で劣る。後者の方は逆に能率面ですぐれているが精度の点で劣る。

北海道開発局建設機械工作所では全開式石運船の施工精度を高めることにより能率と精度の両立を計るべく水理模型実験を行い、その成果を得たので発表する。

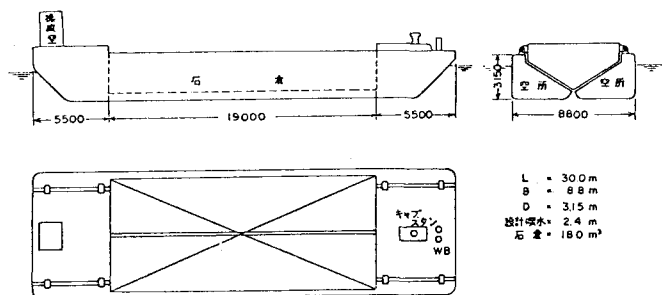
2 実験装置

1) 模型石運船

石運船の模型は全部6種類製作した。

図-1に示す模型は現在留萌港で使用されている180 m³全開式石運船で今回の模型実験における確認実験に使用した。

図-2は石運船のホッパー形状が捨込作業に影響を及ぼすために製作したホッパーの断面形状で全部5種類製作した。なお油圧駆動装置によりホッパーの開閉を行うこととした。

図-1 180 m³ 全開式石運船

2) 模型捨石

模型捨石には道路用碎石を用い粒径、粒度分布は実石と相似になるようにした。

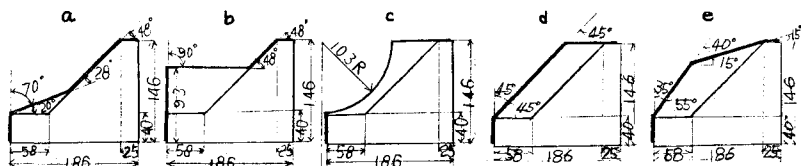


図-2 ホッパー断面形状

3) 実験水槽

使用した水槽は5m×5m×2mで上部に移動用アラウトフォームが備えてあり、水槽上の任意の位置で作業できるようになっている。

4) 海底模型

海底の模型としては2.5m×2.0mの鉄板に30mm厚の

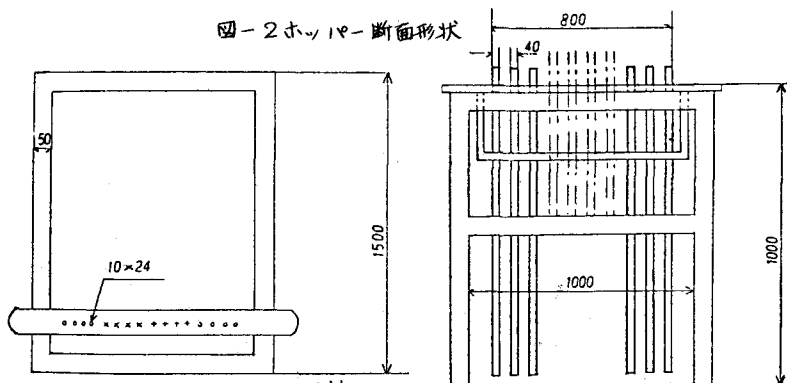


図-3 不陸計

硬質スポンジを貼り、さらにその上に砂鉄を50mm厚に敷きつめたものを使用した。水槽の調節は海底模型をラ

インデで上下することにより行う。

5) 不陸計

捨石山の不陸を測定するために図-3のような不陸計を製作した。

3 相似則

今回の実験で物理現象を左右する要素としては摩擦力、重力、慣性力、油圧力などがあるが、大きく分けると重力と慣性力による影響が大きいと考えられるので重力と慣性力の比であるフルード数を相似則として考えた。この方法によれば今回の実験の相似比は25であるから時間と速度は原型の $1/\sqrt{25} = 1/5$ となる。すなわち模型現象において要する時間の5倍の時間が原型において要するはずであるから模型実験において相似が成立するためには原型現象の $1/5$ の時間で作成した模型現象がスケールの的に相似とすればよい。

4 実験の種類

1) 確認実験

この実験は相似則を確認するための実験で留萌港における現地実験を原型として模型実験を行い相似化を計ることが目的である。

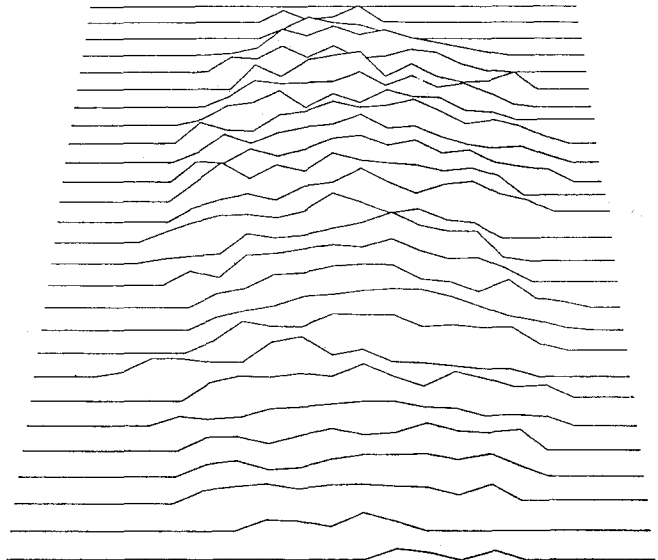
2) 量産実験

1)の確認実験で確認された相似則を踏まえて投石時間 水深 ホッパー開口幅 ホッパー断面形状 捨石粒度 捨石形状などの影響と全開式石運船によるマウンド造成の可能性を調べるのが目的である。

5 実験結果

1) 確認実験

留萌港における捨石投入の条件は投石時間が約2秒、水深が18mである。それゆえ模型実験では投石時間から秒、水深が75cmとなる。図-4は前記条件下において得た捨石山を40mm間隔で高さを測定し作成した透視図である。(ただし高さ方向は2倍に拡大してある。)表-1は模型値と原型値の比較で両者に大きな差異は見られない。また全体の形状を比較すると原型では平均高さも0.7m程度で平坦に広がっているが模型でも図-4の如く同様な傾向が見られた。以上のように今回使用した模型装置と相似則は二つの種の模型実験に十分使用しうるものである。



2) 量産実験

1 投石時間による影響

図-4 投石時間2秒、水深75cmにおける捨石山形状(確認実験)

投石時間を変化させてその影響を調べてみた。写真-1は投石時間が1.5秒、写真-2は投石時間が17秒の時の捨石山で、投石時間が短いと幅が広く高さが低くなり、投石時間が長いと幅が狭く高さが高くなる傾向を示している。

表-1 模型と原型の比較

比較項目	模型値		原型換算値		原型値	
	水深-7.5cm	水深-3.4cm	水深-1.8m	水深-8.5m	水深-1.8m	水深-8.5m
捨石山高さ	5.0m	7.7m	1.25m	1.93m	1.1m	2.1m
# 長さ	1.000m	9.5m	2.5m	23.75m	2.5m	24m
# 幅	5.20m	3.2m	1.3m	8m	1.4m	9m
埋没量	5.6m	3.3m	0.14m	0.083m	0.105m	0m
投石時間	5秒	5秒	2.5秒	2.5秒	2.5秒	2.5秒

これは投石時間が短いと捨石は群粒落下に近い状態となるため落下速度が速くなり拡散幅が広が

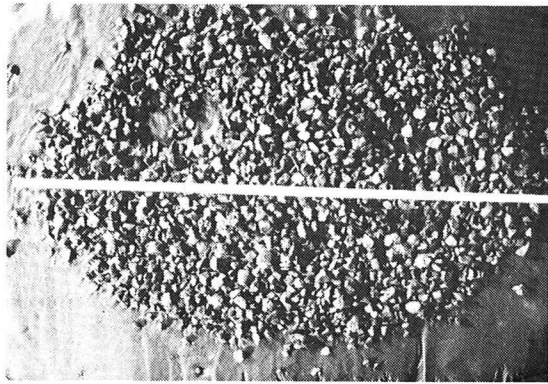


写真-1 投石時間1.5秒

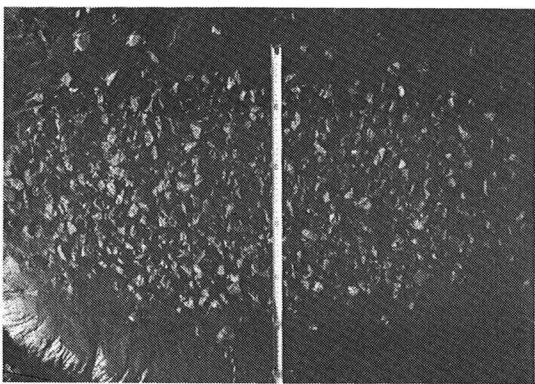


写真-2 投石時間17秒

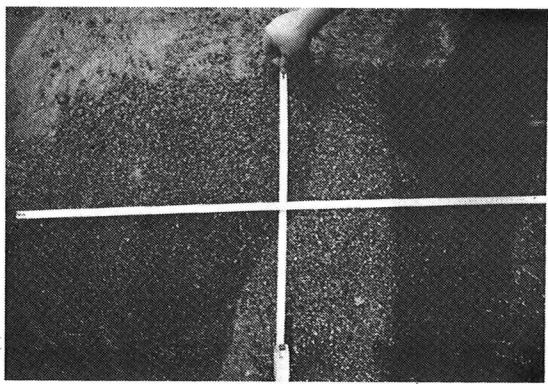


写真-3 平均粒径5mm

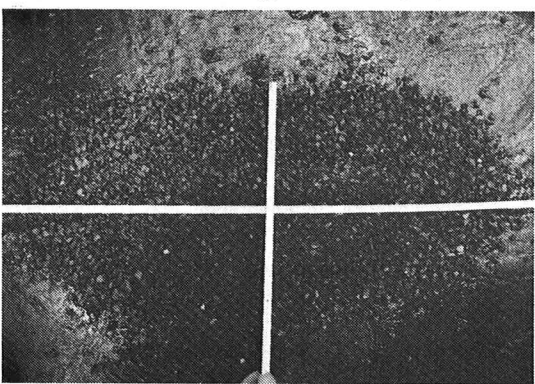


写真-4 平均粒径15mm

り、また投石時間が長いと落下速度が遅くなり拡散幅が狭くなることの原因である。

ロ) 水深による影響
水深の影響を調べたが深くなると拡散幅は当然広がり、浅くなると拡散幅は当然狭くなる。

ハ) ボツパーの開口幅
これも当然であるが、開口幅が広いと拡散幅は若干広がる。

ニ) ボツパー断面形状
図-2に示したように6種類のボツパーを試験したがいずれも大きな差異は見られなかった。
しかし図-2-2のボツパーが最も癖のない捨石山形状を示したので標準的なボツパーとして今後の実験に用いることとした。

お捨石粒度の影響

平均粒度5mmと15mmの2種類の捨石について実験した。写真-3が平均粒径5mm、写真-4が15mmのものである。今回の実験によれば粒径の小さい方が拡散幅は広く、粒径の大きい方が拡散幅がせまくなる。また全体の捨石山形状は粒径の小さい方が素直で不陸が小さい。

捨石形状による影響

捨石の形状は捨石山に大きな影響をもつと考えられるので平坦な石と球状の石の両方について捨石投下を行った。平坦な石の方が若干拡散幅の広がる傾向が見られた。

全開式石運船のみによるマウンド造成実験

今迄の実験で明らかとなった投石時間 捨石粒度 水深などによる影響を利用して全開式石運船のみによりどこまでマウンド造成が可能か実験してみた。造成方法図-5に示すように、まず両側に多数回投入を行い法面部分を造成する。その後両側の中間地点にも多数回投入により所定の高さに捨石山を造成する。今迄の段階で3つの山と2つの谷が出来上ったが、次にこれらのうち2つの谷を埋める作業を行う。投石時間を短くすることで拡散幅が広がり平坦な捨石山となることはすでに述べたが、この性質を利用して2つの谷を埋めることとする。すなわち、投石時間を短くして多数回投入を行い谷を平坦に埋める。写真-5は以上の方法で造成したマウンドである。この時のマウンドの寸法はマウンド天端幅が1m、天端面の不陸が $\pm 0.02\text{m}$ 、法勾配は1:1.3であった。不陸

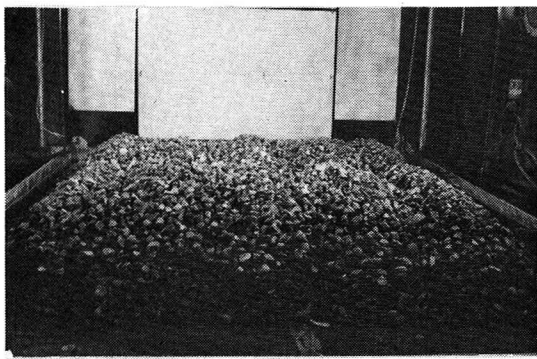
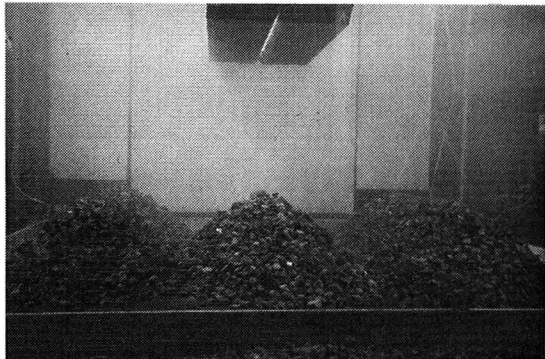


写真-5 マウンド造成中

写真-6 完成したマウンド

で目立つのは捨石山を縦方向に連続して作成した場合、捨石山の継目に生じる不陸であった。これは2つの捨石山の投下地点で離れすぎているか、近すぎるために生じるのだがこの不陸を解消するには適当な距離を置いて捨石投下しなくてはならない。2つの投下地点の距離を0.6m、0.7m、0.75m、0.8mのそれぞれにして実験してみたが不陸を完全になくすることはできなかった。最も不陸が大きかったのは0.8mの時で-0.05m、最も小さかったのは0.07mの時で-0.02mであった。このように全開式石運船のみで作業する場合、細かい不陸をなくするのは難しく、もしそのような能力を全開式石運船に付加するとすればコスト的に引き合わなくなるであろう。それゆえ全開式石運船によりマウンドの概略を造成し、その後バット船などにより仕上げを行うのが最も能率的であると考えられる。

6 ま と め

以上の実験結果から現用の全開式石運船を改良することにより施工精度をある程度高めることが可能である。

全開式石運船の改良点を挙げると次の通りである。

りボッパーの開閉時間を可変とし投石時間を10~100秒の間で制御可能とする。

2) 投石位置における船体の安定度を高めるため石運船の4隅にアンカーを設け船体の位置決めを容易にする。

3) ホッパーの断面形状を図-2-aの形状とする。

7 あ と が き

全開式石運船は現在も利用されているがその可能性を十分引き出しているかという点と現在の使用方法を見る限りきわめて原始的である。すなわち、石を運んで投石位置に落すだけというものゝマウンド法面の施工や不陸の是正に

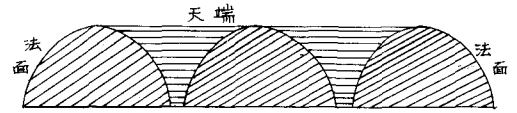


図-5 マウンド造成方法

ついてはあまり注意が払われていなかったと言つてよい。今回実験してみてもきわめて単純な形状と機能を有する全開式石運船をもとの使いかたによつてはかたよりの作業が可能となつたことが判明した。今後さらに改良を重ねることによりマウンド工事のスロッドアップが計れるものと期待するものである。最後に今回の実験に当り貴重な資料と御言を賜へて下さつた北大工学部の佐伯若助教に厚く謝意を表するしだいである。