

II-290

石運船から投入された捨石粒子群の堆積形状に及ぼす実験の縮尺影響

大阪市港湾局	正会員	沢田充弘
大阪市立大学大学院		樋口俊光
大阪市立大学工学部	正会員	小田一紀
東洋建設（株）	正会員	岩田 潔

1. 緒言

埋立地建設において海面から投入される土砂はかなり多くの微細粒子を含んでいるので、粒子群としての沈降・分散・堆積過程は土砂粒子と連行流とからなる、いわゆる混相流的な性質をもつと考えられ、特に、海底面近傍におけるその挙動や強さ、また混相流内の微細粒子の挙動等にレイノルズ数の影響の及ぶことが示唆される。

一方、防波堤や湾岸などの海岸構造物の基礎マウンドは海面から捨石を投入して造られるが、捨石のように重量1kgf以上の粒子が95%程度以上を占めるような大粒径の粒子群の沈降・分散・堆積過程では、粒子の慣性力が大きいので、連行流の影響は2次的なものと考えられ、レイノルズ数の影響は無視できることが予想される。しかし、粒子群の着底後の挙動や堆積粒子群の上に落下する粒子群の挙動には粒子間の衝突力や摩擦力など流体力以外の力が作用するので、それらの影響をも含めて水面に投入された大粒径の粒子群の堆積形状に関する水理実験の相似則について、十分な検討を行っておくことが重要であると思われる。

安濃は¹⁾堆積形状に関して、留萌港および苫小牧港における捨石投入実験の結果と模型実験の結果を比較して、フルード則適用のもとで両者が比較的良好に一致することを見出しているが、一回投入の実験であるのでデータのばらつきが大きく、精度的に若干の問題が残されている。また、奥出ら²⁾は捨石投入模型実験の相似性について、これに影響を及ぼす種々の因子の考察を行っているが、実験結果に及ぼす縮尺影響の検討や現地実験結果との比較が不十分で、この種の水理実験の相似則に関する明解な結論を示していない。

さらに、以上の模型実験の縮尺は何れも1/15～1/25と比較的大きい。この種の実験では、特に大型石運船（1000m³型）を対象とする場合には、縮尺が大きいと多量の捨石材料が必要となり、それだけ多大な労力と時間を要することになる。本論文では、この点をも考慮して、筆者らは、1.5m×1.5m×1.2m（高さ）の小さなガラス張り水槽を用いて比較的簡単に、短時間でできる、縮尺1/60の小縮尺実験を行い、同時に5.0m×7.5m×3.5m（高さ）のコンクリート水槽で、縮尺1/20の実験を同一条件で行って、堆積形状を比較し、縮尺影響を調べることによって、この種の模型実験にフルード則が適用できるか否かを解明し、且つ小縮尺実験の可能性を明らかにする。

2. 実験の方法

両縮尺実験とも、模型船は1000m³型底開式バージの実物とほぼ相似に作り、その喫水が平均喫水（満載喫水と軽載喫水の中間喫水）に一致するように水面上から支え、捨石投入による喫水変化が生じないようにした。底扉の開閉は、縮尺1/60実験では小型モータによって制御し、開扉幅、開扉速度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い、1/20実験では油圧シリンダーによって制御し、開扉速度は設定された最大開扉幅までに要する時間をストップウォッチで測定して平均速度を求めた。何れの実験でも捨石流出量の時間変化をロードセルによって測定した。堆積マウンドの形状の測定は、1/60実験では水面から目盛棒を降して、1/20実験では連

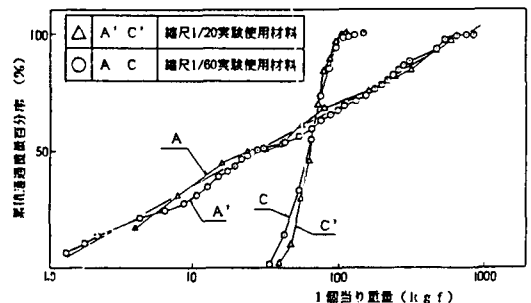


図-1 使用材料の重量分布（現地換算値）

統砂面測定器によって予め設定した断面毎に測定した。

水深は何れも現地で60mを想定し、1/60実験では1.0m、1/20実験では3.0mとした。

捨石模型は碎石を用い、その重量分布の影響を調べるため、図-1に示すように、比較的均一な重量分布を有するCおよびC'材料と、現地標準材料に相似な分布を示すAおよびA'材料を用いた。但し、図-1はフルード則に基づいて現地換算したものを示しているが、両縮尺実験の投入材料の重量分布はほぼ相似であることがわかる。

堆積形状は、他の条件が同じ場合には投入時間に大きく支配され、これが短いと偏平に、長くと山の高いものになることは安濃や奥山らが指摘するとおりであるが、筆者らの予備的な実験によって、例え投入時間 t_f が異なっても、図-2に示すような投入量の時間変化曲線における最大勾配、すなわち単位時間当りの最大流出量（最大投入量） q_{max} (m^3/sec) が同じであれば堆積形状は同じになるという事実に基づき、ここでは投入条件の代表値として q_{max} を用い、最大開扉幅と開扉速度を制御して q_{max} を変化させた。 q_{max} の現地換算においてもフルード則を適用した。

本研究は相似則を検討することを目的としているため、投入箇所は同一地点とし、実験結果の評価ができる限り簡単になるようにした。但し、堆積マウンド上に落下する粒子群の挙動に及ぼす縮尺影響をも調べるため、投入回数を最大11回まで増やし、マウンド高がかなり高い場合の実験をも行った。

3. 実験結果と結論

図-3は、フルード則で現地換算した q_{max} の値がほぼ同じ場合の堆積マウンドの幅B、長さL、高さHについて、縮尺1/20と1/60の実験結果を現地換算して比較したものである。但し、同一地点3投後の測定結果に基づいている。また、単位時間当りの最大投入量の範囲は、現地換算地で、 $q_{max}=38.7\sim68.2m^3/sec$ である。図中の黒印はC（C'）材料に対する実験結果を表す。また、図-4は $q_{max}=44.8\sim46.8m^3/sec$ とほぼ一定にして、同一地点で1投、3投、6投、9投および11投後の堆積マウンドについて比較したものである。これらの図によれば、 q_{max} の値及び投入回数に関わらず、両縮尺実験の結果はよく一致しており、本実験の範囲内では堆積形状に関して縮尺影響はみられないと言える。

以上のことから、捨石のような大粒径の粒子群の投入実験にはフルード則が適用できると結論できる。また、この種の実験は少なくとも1/60の小縮尺実験も可能であることが明らかになった。今回は、水底は、縮尺1/20実験では平坦な敷砂、1/60実験では鉄板であったが、両者の相違は実験結果には表れていない。しかし、軟弱な底質の場合は第1投目の堆積形状にかなり底質の影響が及ぶと考えられるので、今後は底質の影響を調べる必要があると思われる。

<参考文献>

- 1) 安濃豊 北海道開発局建機技報、Vol.14、No.57、PP43~PP46、1979
- 2) 奥出律、山谷弘幸、松本茂 港湾技術研究所報告、Vol.21、No.4、PP131~PP171、1982

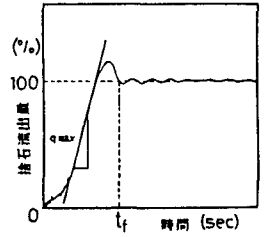


図-2 捨石流出量の時間変化（捨石流出量カーブ）の一例

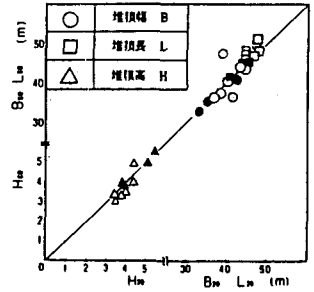


図-3 堆積幅B、堆積長L、堆積高Hの比較（3投後）

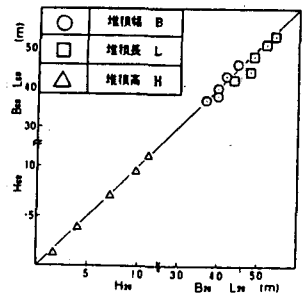


図-4 堆積幅B、堆積長L、堆積高Hの比較（1~11投後）