

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 ○角谷 広樹
 近畿日本鉄道 森吉 康雄
 東洋建設技術研究所 正員 速藤 正男

1. まえがき

混成防波堤の基礎でウンドは石運船から投入された捨石を潜水作業によって所定の断面形に積み重ね、築造されるのが一般的であるが、大水深海域では潜水作業が困難となり、また投石量が多くなるので、できる限り無駄の無い投入計画を立てる必要がある。このような観点から筆者らは昨年以來石運船から投入された捨石粒子群の堆積形状を予測する手法を確立するための基礎的研究を行っており、昨年は礫石単粒子の沈降挙動と沈降速度について明らかにした。今回は多数の礫石粒子（以後粒子）を用いて2次元実験を行い、瞬間投入した場合の礫石粒子群の沈降拡散分布特性を明らかにしたのでその結果をここに報告する。

2. 実験装置と実験方法

1) 実験装置 水槽は三面ガラス張りの鋼製水槽（幅1.5m、長さ1.5m、高さ1.3m）の内部を塗装した耐水ベニヤ板で仕切り、幅5.5cmの2次元水槽としたものを用いた。ベニヤ板側面には粒子の沈降挙動観測用に縦、横4cm間隔の目盛線を入れた。粒子投入器は底板が5.0cm×4.0cmの矩形で、高さ20.0cmの角筒状のもの（I型投入器）、および底面形状および寸法は前者と同じであるが、左右の側板が底面から4.0cm上方まで45°の角度で切上り、その後垂直に立上ったもの（V型投入器）の2種類を用いた。何れの投入器も底板は瞬間的に水平に開くようにしてあるが、I型は片側に、V型は中央から両側に開くようにしてある。どちらかといえば、V型は底部の形状と底板の開き方が石運船のそれに近いといえる。後述するように、粒子の拡散分布を測定するために内部を2cm間隔に区切った（この空間を畝と呼ぶ）受け皿（幅5.0cm、長さ100cm、高さ5.0cm）を用い、これを上から吊り下げて任意の深さの位置に設置できるようにした。ただし、流体運動をできるだけ阻害しないように、その底には金網を張った。

2) 粒子材料 粒子材料は前回と同様に、コンクリート用粗骨材に用いられる礫石を長目ふるいで予め極度に偏平なものを取り除き、5mmおよび10mm目の網目ふるいにかけ、5mm目のふるいに残ったものを材料として用いた。図-1は用いた礫石粒子の重量分布を示す。粒子1個の平均重量は0.72gであった。図-2は粒子の形状特性として用いた方形係数の分布を示す。実験に用いた粒子は昨年の実験結果から判断して、その抗力係数がRe数にほとんど関係なく、粒子形状が一定であればほぼ一定値を示す範囲のものである。

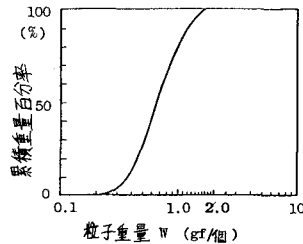


図-1 礫石粒子の重量分布

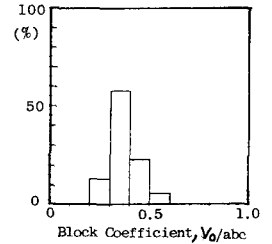


図-2 礫石粒子の形状分布

3) 実験方法 投入器は2次元水槽の中央にその底面が水面に接するように設置した。沈降途中での粒子の拡散分布特性を調べるために前述の受け皿の位置を水面下 $d = 20, 40, 60, 80$, および 95cm に変化させた。ただし水深は 100cm と一定にした。また投入粒子数の影響を調べるため、表-1に示すCase 1-1からCase 1-4の実験と、また投入器の底部形状の影響を調べるためにCase 2、さらに単粒との比較するためCase 0の実験を行った。Case 1シリーズの実験は d ごとに各々12~15回、Case 2は3~5回繰り返した。同表中の投石時間は投入器の底板を開けてから全粒子がそれぞれ出終るまでに要する時間を表わす。

表-1 実験ケース

Case	重量	個数	投石時間
1-1	24 gf	28~35	0.1 (sec.)
1-2	50 gf	56~65	0.1
1-3	90 gf	110~135	0.1
1-4	150 gf	182~216	0.1
2	150 gf	196~204	0.3
0			

3. 実験結果とその考察

粒子群の沈降挙動を撮影した写真をトレースしたのが図-3である。同図AはCase 1-4, BはCase 2の沈降挙動を示している。受け皿の各所に増殖した粒子数から標準偏差 σ を求め、それと受け皿の水面下位置の平方根 $\sqrt{d}$ の関係を図-4に示す。この標準偏差は近似的に各水面下位置 d にある水面を通過する粒子の個数の確率分布を表わしている。前述の写真からCase 1-1, Case 1-4, およびCase 2について粒子群の沈降速度を測定した。沈降速度は粒子群の先端の平均速度である。図-5に各Caseの粒子群の沈降速度の平均 $\bar{v}$ と粒子群の先端の水面下位置 d の関係を示す。同図中の点線は実験に用いた礫石の平均的な大きさ(重量0.80g)の粒子が静水中を単粒落下するときの沈降速度と d の関係を計算により求めたものである。また同写真から粒子群の水平方向および鉛直方向への拡がりも測定した。粒子群の拡がり相対的に粒子が連続して拡散していると考えられる範囲の水平方向の長さ b , 鉛直方向の長さ h で表わす。図-6は各Caseの b の平均と粒子群の先端の水面下位置 d の関係を示す。図-7は同様に h と d の関係を示す。図-4によれば標準偏差 σ と $\sqrt{d}$ の関係は向うの場合もかなり強い線型性が認められ、単一粒子の散らばりについて簡内³⁾が見出した $\sigma \propto \sqrt{d}$ の関係が粒子群の沈降拡散特性においても成り立つことがわかる。投入粒子数と粒子群の拡散分布特性は図-6にも表われていると言える。また投入器の形状が異なると粒子群の水面下位置が浅い所で粒子群の沈降挙動は著しく異なる σ と b , h と d の関係は保たれている。しかしながら、投入粒子数が同じであってもCase 2はCase 1-4ほど粒子群は拡散しない。沈降速度を比較してみてもこの位置では、Case 1-4の沈降速度はCase 2と著しく異なっている。また図-7に示すように粒子群の鉛直方向の長さ h も異なり沈降挙動の違いが表われている。以上のことから考えて粒子群の拡散特性分布は、投入粒子数に依存する割合が大きく、また投入器の形状にも依存し、その影響は投入直後から粒子群の水面下位置が浅い所で非常に大きいと言える。

参考文献

- 1) 小田・角谷・速藤: 捨石粒子群の沈降挙動(その1, 沈降礫石の抵抗係数), 土木学会関西支部年講集, 昭和57年6月
- 2) 小田・角谷・速藤: 礫石粒子の沈降速度, 土木学会全国大会年講集, 昭和57年10月
- 3) 簡内: 砂および礫の水中落下の散らばりに関する研究-静水中における場合-, 土木学会講文集, 第61号P 51~57, 1960

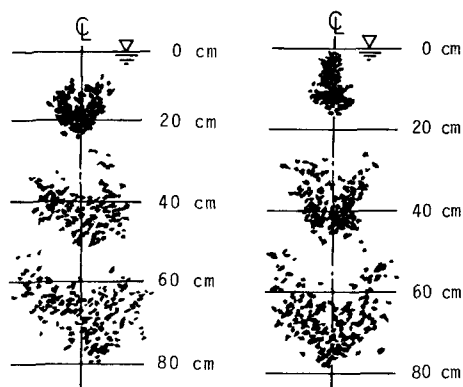


図-3 A 模式図 B

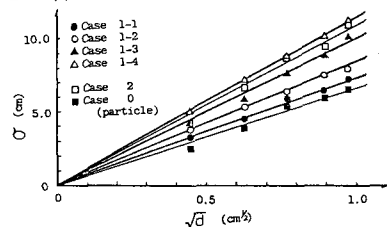


図-4 標準偏差と $\sqrt{d}$

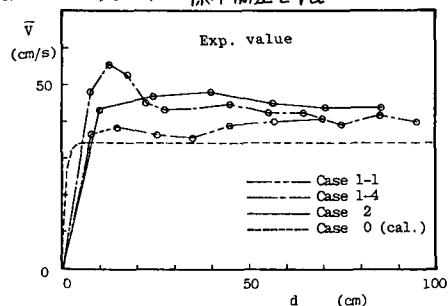


図-5 粒子群の速度と水面下位置

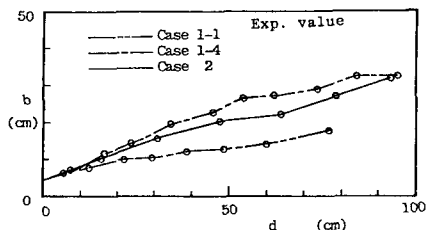


図-6 粒子群の水平長さ水面下位置

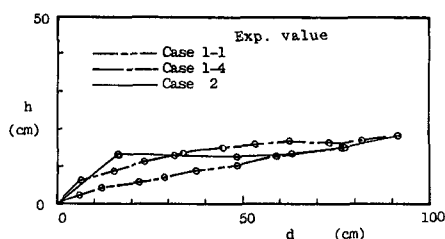


図-7 粒子群の鉛直長さ水面下位置