

投入口の開扉条件を考慮した粒子群の沈降・分散挙動の数値シミュレーション

大阪市立大学工学部 正会員 小田一紀 ○重松孝昌
学生会員 大西伸幸

■ はじめに

バージ船等から水中に投下される土砂粒子群の沈降挙動や、水底における分散・堆積過程に関する研究は数多く行われている。これらの研究は、投入条件が粒子群の沈降・分散挙動に及ぼす影響について言及している。しかし、投入条件を考慮するには非常に短時間の現象を微視的にとらえる必要があることから、既往の研究ではその影響は実験定数として取り込まざるを得ず、十分に検討されたものとは言い難いように思われる。

筆者らは昨年度、MAC法と個別要素法を併用した新しい数値シミュレーション手法を開発した。その手法は、流体中を運動する個々の粒子の時々刻々の運動を計算することができるものである。そこで本数値シミュレーションの特徴を生かして、投入口の開扉条件が粒子の沈降・分散挙動に及ぼす影響を検討したので、ここに報告する。

■ 計算手法および計算条件

数値シミュレーションの詳細は、小田ほか(1990)を参照されたい。

図-1に示すような幅5.0cmのバージ模型を想定し、その中に粒径0.3cm粒子を233個配置した。底扉は両端のヒンジを支点としてその中心が開くものとし、開扉角速度 θ を $30^\circ/\text{s}$ 、 $60^\circ/\text{s}$ 、 $90^\circ/\text{s}$ として全粒子が底扉から流出するまで開扉し続けるものとして計算を行った。また、水深が粒子の沈降・分散挙動に及ぼす影響を調べるために、それぞれの開扉条件の下で水深 h を10cm、30cm、50cmと変えて計算を行った。

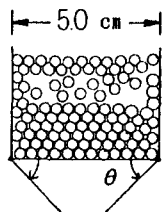


図-1 バージ模型

■ 計算結果

それぞれの開扉速度に対する粒子流出量の経時変化を図-2に示す(以下の図面の横軸は粒子が底扉から流出し始めた時間を0秒としている)。図-2より、開扉角速度が速い程、全粒子が流出するまでに要する時間は短くなり、単位時間当たりの最大流出量は多くなることがわかる。

表-1は底扉から流出した粒子の沈降速度の平均値と水深および開扉角速度との関係を示したものである。この表より、水深が大きくなるほど粒子の平均沈降速度は速くなり、既往の研究と同様の結果(小川ら, 1969)が得られていることがわかる。粒径が0.3cmである単粒子のRubeyの沈降速度は約18cm/sであるので、水深が50cmのときには単粒子の沈降速度の5~8倍の沈降速度になることがわかる。さらに、表-1は開扉角速度が速くなるほど平均沈降速度が速くなることを示している。

また、図-3は、 $h=30\text{cm}$ の時の底扉から流出した粒子の平均沈降速度の経時変化を表したものである。 $\theta=30^\circ/\text{s}$ の場合には、平均沈降速度は最大値を示した後に緩やかに減少しているが、 $\theta=90^\circ/\text{s}$ の場合には、最大値を示した後急激に減少していることがわかる。これは、開扉角速度が速いほど粒子が群として沈降するために平均沈降速度が速くなり、大部分の粒子が

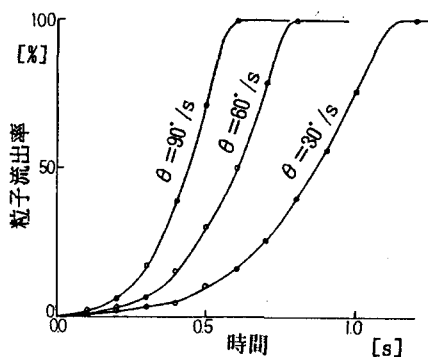


図-2 粒子流出曲線

表-1 平均沈降速度

h (cm)	平均沈降速度(cm/s)		
	$\theta=30^\circ/\text{s}$	$\theta=60^\circ/\text{s}$	$\theta=90^\circ/\text{s}$
10	29.1	32.7	36.1
30	64.9	71.8	85.6
50	90.6	130.8	140.9

Kazuki ODA, Takaaki SHIGEMATSU, Nobuyuki ONISHI

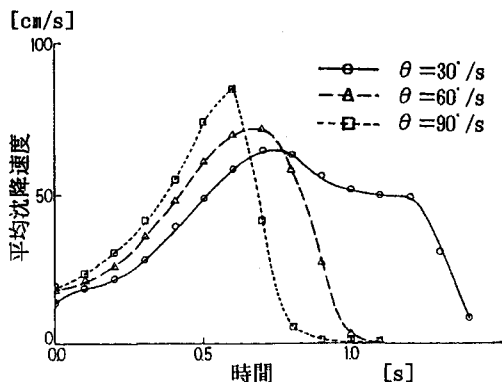


図-3 平均沈降速度の経時変化

ほぼ同時に水底に到達することを示している。

図-4は、底扉から流出した粒子の水平分散幅(δ)の経時変化を表したものである。水深および開扉角速度によらず、いずれの場合においても沈降初期では $\delta \approx 3\text{cm}$ でほぼ一定の値を示している。このことは、水中を沈降する間には粒子はほとんど分散挙動を示さず、粒子の分散幅は着底後の粒子の運動に大きく影響を受けることを表している。また、 $h=10\text{cm}$ のときには、開扉角速度が速いほど粒子の分散幅が大きくなる傾向がみられる。しかし、水深が大きくなるとともに開扉角速度が $60^\circ/\text{s}$ と $90^\circ/\text{s}$ の場合の分散幅には差異がみられなくなり、 $h=50\text{cm}$ の場合には両者は同じ経時変化を示すことがわかる。このことは、水深が大きくなると開扉速度が速くなっても分散幅は変わらないことを意味し、分散幅を制御することができる開扉速度の範囲が狭くなることを示唆しているものと思われる。

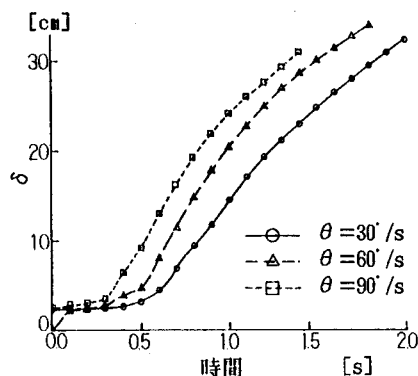
■ まとめ

本研究は、DEM法とMAC法を併用した手法を用いて、開扉条件が粒子の沈降・分散挙動に及ぼす影響について検討したものである。その結果、底扉より流出する粒子の単位時間あたりの最大流出量は、開扉角速度が速いほど多くなることが確認された。また、底扉から流出した粒子の平均沈降速度は水深が大きいほど速く、開扉角速度が速いほど速くなることがわかった。さらに、沈降中の粒子群はほとんど分散挙動を示さず、水深が大きい場合には投入口を速く開扉すると分散距離に顕著な差がみられなくなるという興味ある結果が得られた。

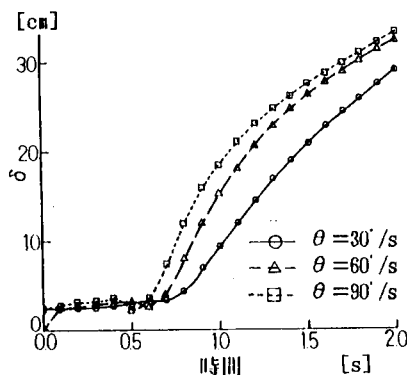
■ 参考文献

小田・重松・氏本(1990):DEM法とMAC法の併用による粒子群の沈降分散挙動のシミュレーション, 海岸工学論文集第37巻, pp.759-762.

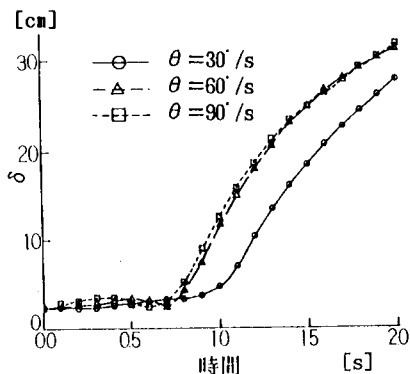
小川・竹内(1969):土捨て船による投棄土砂の分散, 土木学会論文報告集, No.161, pp.39-49.



a) $h=10\text{cm}$ の場合



b) $h=30\text{cm}$ の場合



c) $h=50\text{cm}$ の場合

図-4 水平分散幅