

大阪市立大学 正会員 小田一紀 ○重松孝昌
学生会員 大西伸幸

1. はじめに 近年、沿岸域における浚渫、埋立工事はますます大規模化、大水深化する傾向にある。このような大規模な埋立工事では、経済性や施工効率の面から底開式バージを用いて土砂や礫が直投されることが多い。このとき、埋立状況や直投限界水深の把握などの施工管理の立場から、土砂の堆積形状や堆積幅を正確に予測することは非常に重要である。しかしながら、投入された土砂の堆積形状に関する研究例は少なく¹⁾、堆積幅や堆積高さを定量的に予測できるまでには至っていない。著者らは、これまでに、個別要素法とMAC法を併用することによって粒子群と流体との相互作用を考慮することができる数値シミュレーション手法(DEMAC法)を開発し、その有用性を確認している²⁾。ここでは、DEMARC法を用いて水深や単位幅あたりの投入量、投入器の底扉の開扉速度を変えて鉛直2次元計算を行い、これらが粒子群の堆積形状に及ぼす影響について検討した。なお、計算手法の詳細は、文献2)を参照されたい。

2. 計算条件 幅 $b = 5.0\text{ cm}$ の容器をその底扉が静水面と一致するように固定し、その中に粒径 0.3 cm 、密度 2.65 g/cm^3 の粒子を配置した。水深が堆積形状に及ぼす影響を検討するときには、粒子の投入量(正味の体積)は $V_0 = 20\text{ cm}^3/\text{cm}$ と一定にし、水深を $h = 10, 30, 50, 100\text{ cm}$ と変えて計算を行った。また、単位幅あたりの投入量 V が堆積形状に及ぼす影響を検討するときには、 $V/V_0 = 0.5, 1.0, 2.0$ 、 $h = 10, 30, 50\text{ cm}$ とした。なお、これらの計算の際には、容器の底扉が瞬時に開くものとした。さらに、底扉の開扉速度が堆積形状に及ぼす影響について検討するときには、水深 $h = 10, 30, 50\text{ cm}$ とし、底扉の開扉速度を $\omega = 30, 60, 90\text{ deg./sec}$ と変えて計算を行った。

3. 計算結果 図-1は、水深を変えて計算を行ったときの堆積形状を示したものである。同図によると、 $h = 10\text{ cm}$ の場合には、堆積幅 21.6 cm 、高さ 1.8 cm の三角形型をしているが、 $h = 30\text{ cm}$ の場合には、中央部がくぼみ、その両側がやや高くなった双峯型の形状を呈している。さらに、 $h = 50\text{ cm}$ の場合には幅 49.8 cm 、高さ 0.6 cm の平坦な形になり、 $h = 100\text{ cm}$ の場合には、分散幅は 69.0 cm とさらに増加し、一層平坦になっていることがわかる。このように、本手法を用いた計算結果によれば、水深の増加とともに堆積形状は三角形型から幅の広い平坦な形へと変化することがわかる。武藤ら³⁾は、土砂を用いて水深が堆積形状に及ぼす影響を実験的に検討しており、水深が増加すると堆積形状は三角形型 - 台形型 - 双峯型 - 平坦型へと変化すると指摘している。

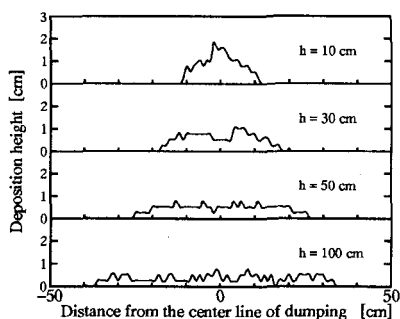
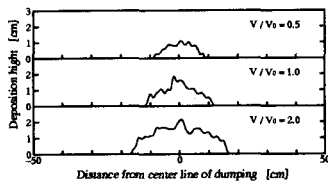


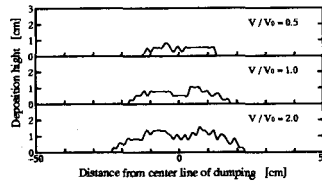
図-1 水深による堆積形状の変化

図-1に示す本手法による計算結果は、このような実験結果と同様の傾向を示していることがわかる。

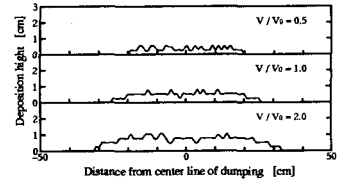
図-2(a)~(c)は、投入量を $V/V_0 = 0.5, 1.0, 2.0$ と変えて計算を行ったときの堆積形状を示したものである。同図(a)によると、 $h = 10\text{ cm}$ の場合は投入量に関わらず堆積形状は三角形型を示していることがわかる。堆積高さは $V/V_0 = 0.5$ のとき 1.2 cm 、 $V/V_0 = 1.0$ のとき 1.8 cm 、 $V/V_0 = 2.0$ のとき 2.2 cm と投入量の増加とともに高くなっており、堆積幅も $15.6, 21.6, 31.8\text{ cm}$ と増加している。また、同図(b)より、水深が 30 cm の場合、 $V/V_0 = 1.0, 2.0$ のときには堆積形状は双峯型をしているが、 $V/V_0 = 0.5$ のときには明確な双峯型にはなっていない。さらに、投入量の増加とともに、堆積高さは $0.9, 1.1, 1.5\text{ cm}$ と高くなっており、堆積幅も $24.6, 33.9, 44.7\text{ cm}$ と増加していることがわかる。図-2(c)より、 $h = 50\text{ cm}$ の場合には、投入量によらず堆積形状は平坦な形になることがわかる。 $h = 50\text{ cm}$ の場合も、投入量の増加とともに堆積幅は $37.8, 49.8, 62.4\text{ cm}$ と増加し、堆積高さも $0.5, 0.8, 1.1\text{ cm}$ と高くなっている。このように、本計算条件のもとでは、水深が同じであれば投入量の増加とともに堆積幅や堆積高さが増加するだけで、堆積形状にはほとんど影響を及ぼさないことがわかる。



(a) $h = 10$ cm の場合

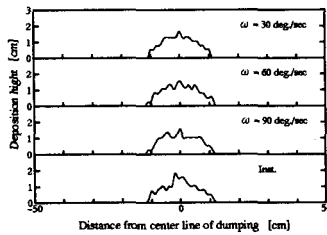


(b) $h = 30$ cm の場合

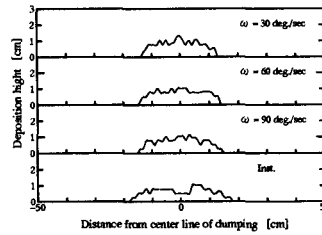


(c) $h = 50$ cm の場合

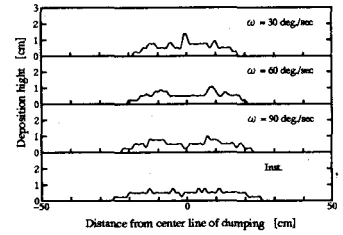
図-2 単位幅あたりの投入量による堆積形状の変化



(a) $h = 10$ cm の場合



(b) $h = 30$ cm の場合



(c) $h = 50$ cm の場合

図-3 底扉の開扉速度による堆積形状の変化

次に、投入量を一定にして底扉の開扉速度 ω を 30, 60, 90 deg./sec と変えて計算を行ったときの堆積形状を図-3 に示す(図には、底扉を瞬時に取り除いたときの結果も示した)。同図(a)によると、 $h = 10$ cm の場合には、開扉速度に関わらず堆積形状は三角形型を示しており、堆積幅や堆積高さもほとんど変わらないことがわかる。また、同図(b)の $h = 30$ cm の場合には、瞬間投入の時にはやや堆積幅の広い双峰型の形状を示すが、 $\omega = 30, 60, 90$ deg./sec の場合には堆積幅や堆積高さがほぼ一定の台形型を示している。このように、水深が 10 cm および 30 cm の場合には開扉速度が堆積形状に及ぼす影響はほとんどない。しかし、同図(c)をみると、水深が 50 cm の場合には開扉速度によって堆積形状が異なることがわかる。すなわち、 $\omega = 30$ deg./sec のときには堆積幅 35.1 cm の台形型を示すが、 $\omega = 60, 90$ deg./sec のときには堆積幅 39.6 cm および 44.1 cm の双峰型を示している。さらに、瞬間投入の場合には、堆積幅の広い平坦な形になることがわかる。このように、水深が浅いときには開扉速度が堆積形状に及ぼす影響は小さいが、水深が深くなると開扉速度によって堆積形状が変化することがわかる。

4. まとめ 本研究では、DEMARC 法を用いて、水深や粒子の投入量および投入容器の底扉の開扉速度が堆積形状に及ぼす影響について検討を行った。その結果、以下のようなことが明らかになった。

- 1) 本手法による堆積形状の計算結果は、水深が増加するとともに三角形型、台形型、双峰型、平坦型へと変化し、従来の実験的研究と同様の傾向を示す。
- 2) 水深が等しければ、投入量の増加とともに堆積幅や堆積高さは増加するが、堆積形状はほとんど変化しない。
- 3) 水深が 10 cm および 30 cm のときには、投入器の底扉の開扉速度は堆積形状にほとんど影響を及ぼさないが、水深が 50 cm になると開扉速度が速いほど堆積幅が広く堆積高さが低くなる。

以上の結果は、あくまでもここで設定した計算条件下の結果である。今後、さらに種々の条件で計算を行って堆積形状に及ぼす要因について検討する必要がある。

最後に、本研究は文部省科学技術研究費補助金奨励研究(A) 課題番号 04750503 (代表者:重松孝昌) の援助を受けて行われたものである。ここに記して謝意を表する。

参考文献 1) たとえば、武藤碩夫・他：三菱重工技報，Vol.11, No.1, pp. 92-104, 1974.

2) 小田一紀・他：海岸工学論文集第 39 巻，pp. 971-975, 1992. 3) 文献 1) に同じ。