

II-335

MAC法による直投土砂の
沈降分散過程と堆積形状の予測

大阪市立大学工学部 正会員 重松 孝昌 小田 一紀
(株) タクマ 松井 睦巳

■ まえがき 沿岸海域における埋立工事は年々大規模化する傾向にあり、工事の施工管理や水質環境保全の観点から投棄土砂の堆積形状や沈降分散挙動の予測は重要な研究課題となっている。これらの研究は比較の数多く行われているが、理論的に精度よく予測できるところまで到った研究はまだ見られない。

本研究は、堀江¹⁾が用いたものと同様な過渡的な現象の解析に有利なMAC法を用いて直投土砂の2次元沈降分散過程を調べるとともに、新たにマーカーと海底面との摩擦を考慮してその堆積形状の予測を試みた。

■ 計算方法 投下された土砂の詳細な挙動およびその周囲の流体の水理現象を把握するため、MAC法を用いて計算を行った。以下に簡単に計算の手順を示す。計算対象領域を格子に分割し、所定の位置に一定の重量を持った物性マーカー(土砂粒子に対応するもの)とトレーサ的な特性を持つ境界マーカーを配置する。物性マーカーを配置することによる周囲水の密度増加が流れや土砂粒子移動の力として作用する。この密度場において計算された流速をマーカーに与えて移動させ、移動したマーカーによる新しい密度場における次の時間ステップでの流速の計算を行う。

計算対象領域は、水平方向300m、鉛直方向6~18mの鉛直2次元の静水領域とし、水平方向に $\Delta x=5\text{m}$ 、鉛直方向に $\Delta z=2\text{m}$ の格子に分割した。図-1に示すように $t=0$ において物性マーカーは計算対象領域の中央部上2層の合計4つの格子に縦0.06m、横0.33mの間隔に1800個配置し、境界マーカーはその周囲の境界に140個を等間隔に配置した。また、物性マーカー全部の重量は実際の工事例を参考にして 60tf/m (33.3kgf/個)とし、図-1の状態から瞬間解放した。物性マーカーが底面に着底後、マーカーと底面との間にマーカー重量に比例する摩擦抵抗を考慮した。このときの摩擦抵抗係数は0.5にとった。投下土砂の堆積高さは、メッシュ内に静

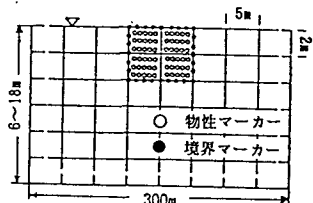


図-1 計算対象領域

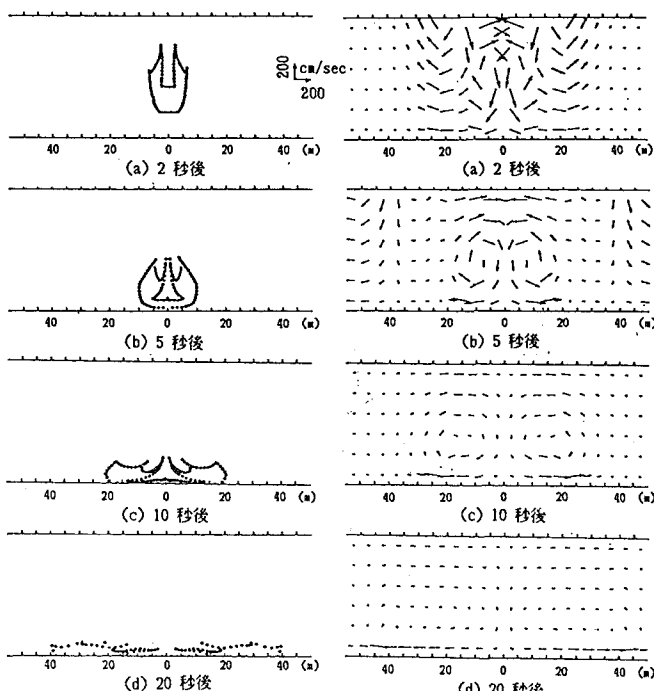


図-2 境界マーカー群の落下挙動

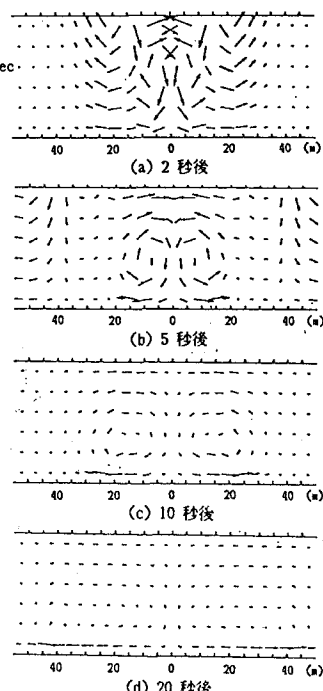


図-3 周囲水の流況

止した物性マーカーの重量と、土砂のみかけの単位体積重量(1.5tf/m^3)から算定した。■ 計算結果

図-2は水深12mのときの境界マーカー群の落下挙動を示したものであり、図-3は図-2の経過時間に対応させた周囲の流況を示したものである。これらの図より従来の研究で示されているように、土砂は個々の土粒子としてではなく一つのかたまりとして落下し、その周辺には循環流が発生していることがわかる。

また、土砂が水底に到達した瞬間には水底付近の水平方向の流速が非常に大きくなり、このことが土砂の水平方向への拡がりの原因となっていることが推察される。

武藤ら²⁾は実験により水深と土砂の堆積形状の関係を定性的に示している。それによると、投下水深が大きくなるにつれて土砂の堆積形状は三角形状から堆積高さの高い平坦状、さらには2つ山状から堆積高さの低い平坦状へと変化する。図-4は、水深をそれぞれ6m、12m、18mとした場合について本モデルを用いて得られた投入40秒後の堆積形状の計算結果を示したものである。これらの図より、投下水深が小さいときには土砂は水平方向にはあまり拡がらずに中央に堆積していることがわかる。図-4(b)では2つ山状を呈し、図-4(c)では2つ山型から堆積高さの低い平坦状へと変化しつつある様子がわかる。また、水深が大きくなるほど投下土砂の広がり幅も大きくなることが示されている。図-5は図-4に示したそれぞれの計算条件の下での土砂粒子群の先端が着底したときの流況を示したものである。この図から、水深が大きくなるほど水底付近での水平流速が大きくなり、このことが水底に到達した土砂の流動性を良くしその拡がりを大きくしていることがわかる。なお、図-3の流況図において不自然な速度分布がみられるが、これは多量の土砂を瞬間的に投入することによって生じる水面波動による水粒子速度が加わったことに起因すると考えられる。

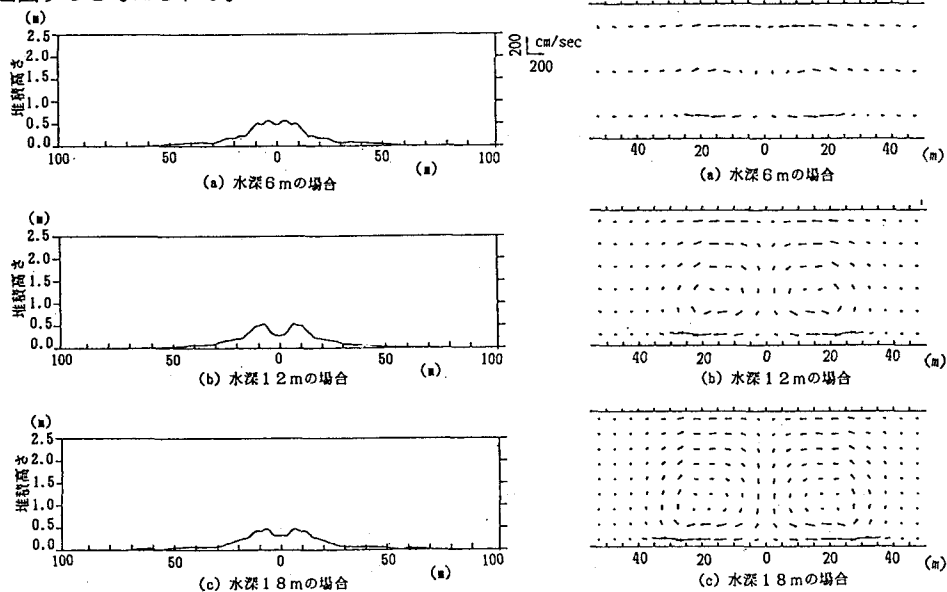


図-4 堆積形状

図-5 着底時の流況

■ あとがき 以上のように、本研究では直投土砂の沈降挙動と連行流の流況および堆積形状をMAC法によって数値解析した。堀江は投入条件として水を含めた初期単位重量を水より僅かに大きな値に設定しているが著者らの計算では実際の投入条件に近い 1.95 tf/m^3 の値を用いた。また堀江は沈降挙動と流況のみしか計算していないが著者らは堆積形状まで求め、その計算結果が武藤らの水理実験による結果と定性的にはほぼ一致することを確認した。今回の計算では初期投入条件の与え方および水底と土砂粒子の間の摩擦抵抗の設定の仕方に改良の余地が残されているが、今後着底後の土砂粒子間の摩擦抵抗も含めてこれらを改善し、精度のよい計算を進める予定である。

最後に、計算の手法についていろいろ御教示戴いた運輸省港湾技術研究所の堀江海水浄化研究室長に謝意を表する。

■参考文献 1)堀江毅:MAC法による直投土砂の初期拡散に関する数値解析、港湾技研資料、No. 4.

71, 1983. 2)武藤・吉井・石田:大規模埋立用バージ船による土砂投下の研究、三菱重工工業技報 Vol. 11 No. 1.