

微細粒子の侵食量に関する実験的研究

(社)中国建設弘済会 正会員 ○山本貴司
鳥取大学工学部 正会員 檜谷 治

鳥取大学工学部

正会員 松原雄平

(株)東亜建設工業技術研究所 正会員 松田信彦

1.はじめに

土砂投入により沈降する土砂は、水の抵抗を受けて浸食されることで濁りが発生する。また、誘起流動による大規模な底泥の巻き上げが発生し、土砂が海底に着底した後、土砂に含まれている気泡によって上昇流が発生する。そして、気泡によって発生する上昇流によってシルト分などの非常に粒径の小さい土砂は連行され、水面付近の濁りの原因になると考えられる。本研究では土砂が沈降中に分離することによって発生する水面付近の濁りについて、勾配可変水路で投入土砂が沈降するときの流速を与え、土砂の侵食による再現、検討を行う。

2.実験概要

(1) 土砂投入現象のモデル化と実験方法

本研究では、土砂投入時から土砂が着底するまでに発生する汚濁発生量を評価することが目的であるため、まず投入された土砂がどのように落下し、濁りが発生するかを簡単にモデル化する。

図-1 (a) は落下中の土砂から見た土塊周辺の流れの状態をモデル化したものである。仮に、土塊を球形として、沈降速度 V で落下していると仮定すると、土塊が静止していると考えたと図-1 (b) のように平均流速 V で流れている流体中におかれた球の周りの流れとみなすことができる。次に、実験の土塊の表面は土砂で構成されているため、図-1 (c) のように土塊表面に発生するせん断力によって土砂、特にシルト成分は安易に侵食される。この侵食される量が土塊落下中に発生する汚濁量と考えることができると考えられる。このような侵食現象は、河川や湖における底質の侵食量と同様な現象であり、実験水路における侵食実験によってある程度評価が可能であると考えられる。そこで本研究では、土砂の沈降速度と同様な流速場を開水路で再現し、投入土砂から着底までの間に侵食される土砂量の評価を行う。

(2) 実験装置および内容

実験は、図-2 に示す勾配可変開水路を用いた。水路の上流端から 320cm 下流に長さ 480cm、幅 40cm、高さ 5cm 木の板を設置し、木の上流端から 320cm の地点に幅 30cm、高さ 5cm の土砂を設置する移動床区間を設けた。

実験は土砂設置部に木の板で蓋をし、その間に流量が一定になるよう流量調整を行った。流量調整後、土砂設置部の蓋を土砂の濁りに影響が出ないように下流側に瞬時にはずし、実験を開始する。採水間隔は 5 秒、10 秒、15 秒、20 秒、30 秒、60 秒とした。採水して得られた浮遊砂は、乾燥後 0.1mg まで測定することのできる天秤で重量を測定し、濃度を求めた。使用した土砂の粒度特性を表-1 に示す。

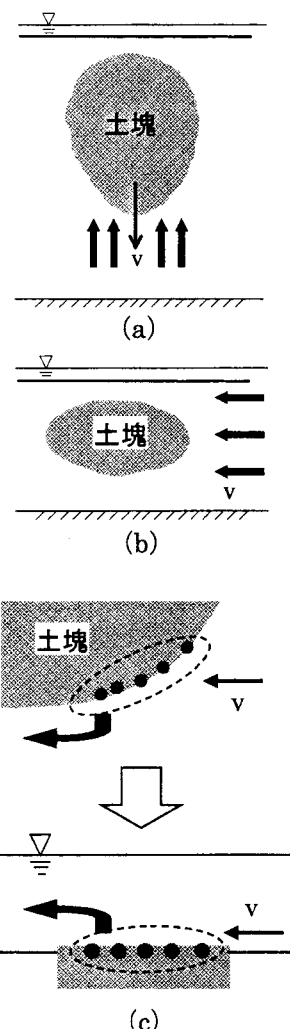


図-1 土砂投入現象のモデル化

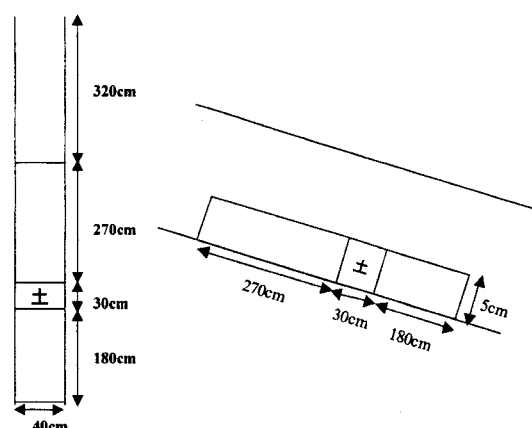


図-2 実験装置概要

3.実験結果

全体的な傾向を見るために、Case1 に着目して考察する。図-3 は SS の時間変化を示した図である。初期に高い値を示し、時間の経過とともに減少する傾向がみられる。また、流速が速くなるにつれて、相対的に SS の濃度は高くなっている。また、流速が遅い Case では時間が経過するとほとんど SS が発生しなくなる現象が現れることがわかる。これは表面にあるシルト成分が初期に浮上し、粒径の大きい土砂が移動しないため、下層のシルト成分の供給が行われなため時間の経過とともに減少していくと考えられる。図-4 は Case1 における 5 秒後、30 秒後および 60 秒後の濁水の粒度分布を示したものである。全体的にほぼ同様な粒度分布であるが、実験開始から粒径の大きさを比較すると、5 秒後の浮遊砂の粒径がやや大きく、時間の経過とともに粒径が小さくなる傾向がみられる。最大粒径は $50\ \mu\text{m}$ 程度である。この粒径は $75\ \mu\text{m}$ 以下であり、侵食された土砂ほとんどがシルト成分であり、砂成分は移動していないことがわかる。図-5 は SS 濃度から単位面積当たり、単位時間当たりの侵食量を時間ごとに整理したものである。流量が一定であるため、傾向は図-3 と同様であるが、約 $1.6\text{g}/\text{m}^2/\text{s}$ 程度の発生量があることがわかった。図-6 は濁水の粒度分布の結果より、粒径 0.1mm 以下の土が浮上していることから面積当たりのシルト成分の量を求め、侵食深を示した図である。

各 Case の SS・侵食量・侵食深の発生傾向は Case1 の結果と同様に初期に発生し、時間の経過とともに減少することがみてとれる。しかし、Case4 が SS・侵食量・侵食深ともに高い値を示している。また、Case1 が最も低い値を示している。この結果と土砂の粒度特性から SS・侵食量・侵食深の関係を示すパラメーターとして、均等係数が考えられる。均等係数は粒度分布の状態を数値で示す係数である。粒度分布がよいということは、砂の粒径にばらつきがあり、その隙間にシルト成分が入り込んでいると考えられる。均等係数が大きいほどこの傾向が出てくると思われる。流速が遅い場合、表面の粒径の大きい砂が移動しないため、表面の極薄い層にあるシルト成分しか出てこないためであると思われる。均等係数が大きいほど、表面の移動する砂が多いため侵食量が増加したと思われる。

各 Case の SS・侵食量・侵食深の発生傾向は Case1 の結果と同様に初期に発生し、時間の経過とともに減少することがみてとれる。しかし、Case4 が SS・侵食量・侵食深ともに高い値を示している。また、Case1 が最も低い値を示している。この結果と土砂の粒度特性から SS・侵食量・侵食深の関係を示すパラメーターとして、均等係数が考えられる。均等係数は粒度分布の状態を数値で示す係数である。粒度分布がよいということは、砂の粒径にばらつきがあり、その隙間にシルト成分が入り込んでいると考えられる。均等係数が大きいほどこの傾向が出てくると思われる。流速が遅い場合、表面の粒径の大きい砂が移動しないため、表面の極薄い層にあるシルト成分しか出てこないためであると思われる。均等係数が大きいほど、表面の移動する砂が多いため侵食量が増加したと思われる。

4.まとめ

本実験の結果をまとめると、より多くの濁りを発生させる土砂の粒度分布のパラメーターとして均等係数が考えられる。均等係数が大きいほど、侵食量が増加していることがわかった。浮遊している砂の最大粒径は $50\ \mu\text{m}$ 程度である。侵食された土砂の成分は $75\ \mu\text{m}$ 以下のシルト成分であり、砂成分は移動していないことがわかった。単位時間当たりの侵食深の最大値が約 0.6mm であり、表層の極浅い層からしか濁質成分であるシルト成分が出てこないということがわかった。

表-1 使用土砂の粒度特性

	平均粒径 (mm)	最大粒径 (mm)	$U_c=D_{60}/D_{10}$
Case1	7.42	26.5	14.1
Case2	6.82	26.5	25.3
Case3	6.08	1.7	30.0
Case4	12.74	38.0	80.0
Case5	7.54	38.0	26.7
Case6	3.61	26.5	12.7

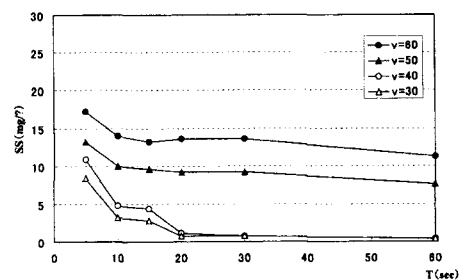


図-3 SS の時間変化 (Case1)

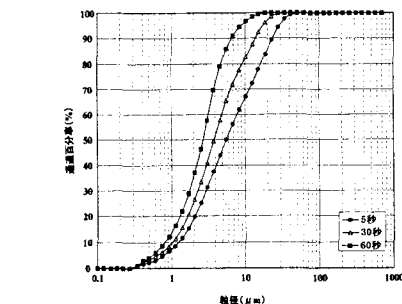


図-4 濁水の粒度分布 (V=30cm/s)

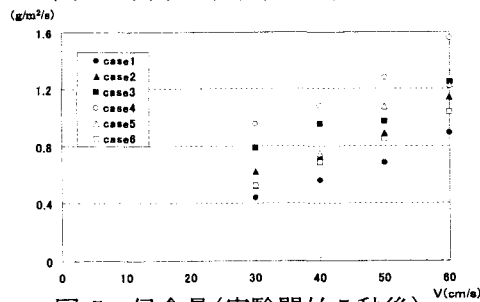


図-5 侵食量(実験開始 5 秒後)

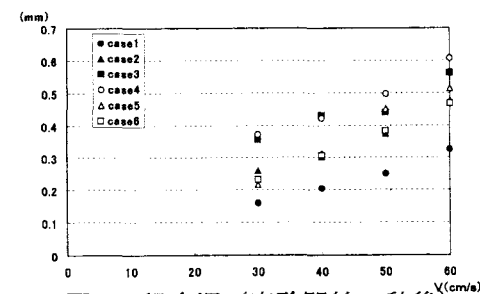


図-6 侵食深 (実験開始 5 秒後)