

シルトフェンスの汚濁制御効果に関する研究

九州工業大学 大学院 学生員○岩橋 高彰、非会員 守田 稷人、川上 真琴  
九州工業大学 工学部 正会員 秋山 壽一郎

1. はじめに

人工島建設などを目的とした水域への土砂直投工では微細土粒子による大規模な水質汚濁が問題となる。その具体的な対策としてシルトフェンスが用いられているが、その効果的な敷設法については未だ良くわかっていない。本研究は、「自立型シルトフェンス」が設置された場に直投された濁水塊の挙動と「自立型シルトフェンス」の汚濁拡散防止効果について実験的に調べたものである。

2. 実験装置および方法

実験装置は長さ7.5m、深さ1.0m、幅0.1mの両面アクリル製の水槽で、自立型シルトフェンスを模した高さ $a(=0.10\text{m}, 0.15\text{m})$ のアクリル板が底面に垂直に設置されている。水槽中に満たされた水深 $h(=0.5\text{m})$ の静水中に攪拌装置を取り付けた流入装置から初期総浮力 $2W_0(=13720\text{cm}^3/\text{s}^2)$ の濁水(粒子粒径 $d=0.0044\text{cm})$ を直投することによって落下濁水塊を発生させた。実験条件としては、シルトフェンスの高さ $a$ を2通り(0.10m、0.15m)、投下点直下からシルトフェンスまでの水平距離 $l$ を3通り(0.5、1.5、2.5m)に変化させた。なお、後述する実験結果において、実験CASEに付した1番目の添字はシルトフェンスの高さ $a(A:0.10, B:0.15\text{m}, C:0\text{m})$ を、2番目は距離 $l(a:0.5, b:1.5, c:2.5\text{m})$ をそれぞれ示す。

流況の観察結果より、底面衝突後の濁水塊の一連の流れはほぼ左右対称であったので、流動状況を図1のように定義した。従って、図1中の $A_0$ と $W_0$ は全投下量( $2A_0, 2W_0$ )の半分である。ここに、 $A_0$ =空隙を除いた粒子のみの単位幅当たりの初期投入量、 $H$ =最大層厚、 $B$ =平均浮力、 $U_f$ =先端移動速度および $x_f$ =濁水塊の最先端部の位置である。

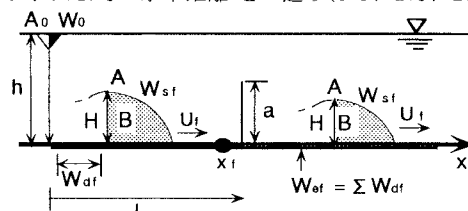


図1 流れの定義図

流況の観察結果より、底面衝突後の濁水塊の一連の流れはほぼ左右対称であったので、流動状況を図1のように定義した。従って、図1中の $A_0$ と $W_0$ は全投下量( $2A_0, 2W_0$ )の半分である。ここに、 $A_0$ =空隙を除いた粒子のみの単位幅当たりの初期投入量、 $H$ =最大層厚、 $B$ =平均浮力、 $U_f$ =先端移動速度および $x_f$ =濁水塊の最先端部の位置である。

落下濁水塊とその底面衝突後の水平流動の挙動およびシルトフェンスを乗り越える様子をCCDカメラで撮影し、コンピューター制御が可能なVTRに収録された画像を解析することにより、流動特性の定量化を行った。また、底面に沿って水平流動する濁水塊については、浮遊粒子の保存状況あるいは粒子の堆積状況を調べる目的で、濁水塊を仕切りゲートで分離し、浮遊粒子量 $W_{sf}$ 、堆積粒子量 $W_{df}$ およびシルトフェンスを乗り越えた越流粒子量 $W_{ef}$ を算定した。いずれの計測においても、データの信頼性を高めるために同一条件下で繰り返し実験を行い、ほぼ左右対称に分離したと認められるデータを5セット得た。その際の判断基準は投下点直下から右側の総堆積粒子量 $= (0.48 \sim 0.52) \times W_0$ とした。

3. 実験結果

水平流動する浮遊粒子量比 $W_{sf}/W_0$ および堆積粒子量比 $W_{df}/W_0$ と無次元流下距離 $(x_f-l)/l$ との関係について示したものがそれぞれ図2と3である。図2より、シルトフェンス下流方向の $W_{sf}/W_0$ は $a/h$ と $l/h$ の影響を強く受けながら、流下方向に一律に減少することがわかる。また、図3より、 $W_{df}/W_0$ は $a/h$ と $l/h$ の影響を強く受けながら、フェンス設置点までは一律に増加するが、設置点以降は一律に減少することがわかる。CASEA-3とCASEB-3とで傾向が異なるのは、フェンス到達までに濁水塊の沈降堆積が強まるからである。

次に、 $W_{sf}/W_0$ および $W_{df}/W_0$ の最大値である $(W_{sf}/W_0)_{max}$ および $(W_{df}/W_0)_{max}$ と $l/h$ との関係について示したものがそれぞれ図4と5である。ここに、 $(W_{sf}/W_0)_{max}$ は $(x_f-l)/l=0$ における $W_{sf}/W_0$ 、 $(W_{df}/W_0)_{max}$ は $(x_f-l)/l=0$ 前後における $W_{df}/W_0$ である。これより、 $(W_{sf}/W_0)_{max}$ および $(W_{df}/W_0)_{max}$ は、 $a/h$ および $l/h$ の影響を

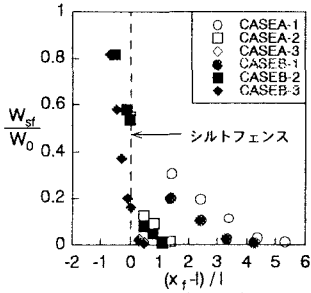


図2  $W_{st}/W_0$ と $(x_f-1)/l$ との関係

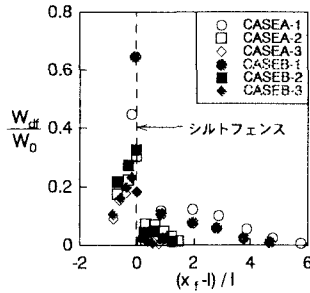


図3  $W_{df}/W_0$ と $(x_f-1)/l$ との関係

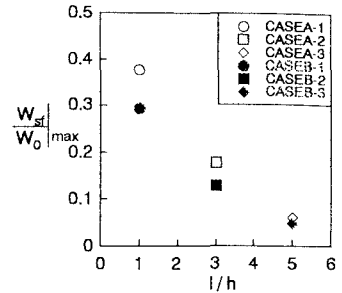


図4  $(W_{st}/W_0)_{max}$ と $l/h$ との関係

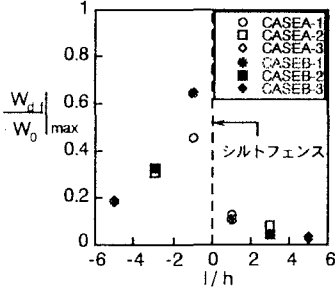


図5  $(W_{df}/W_0)_{max}$ と $l/h$ との関係

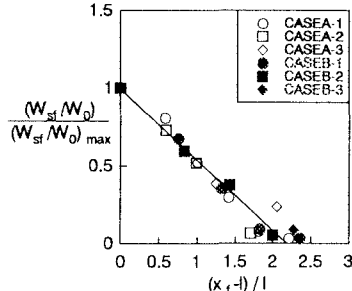


図6  $W_{st}/W_0$ の分布形状

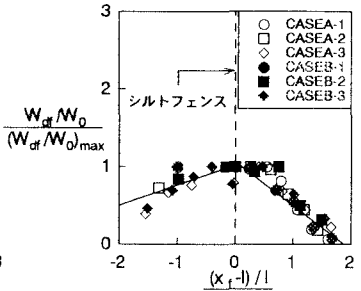


図7  $W_{df}/W_0$ の分布形状

強く受けること、 $l/h$ が増加するにつれて $a/h$ の影響を受けなくなること、などがわかる。

そこで、 $(W_{st}/W_0)_{max}$ および $(W_{df}/W_0)_{max}$ を考慮した無次元化により求めた $W_{st}/W_0$ および $W_{df}/W_0$ の分布形状を示したものがそれぞれ図6と7である。ここに、図中の横軸のパラメーター中の $M_1$ は $(W_{st}/W_0)_{max}/2$ での $(x_f-1)/l$ 、 $M_2$ は $(W_{df}/W_0)_{max}/2$ での $(x_f-1)/l$ である。これより、異なった条件下における浮遊粒子量および堆積粒子量の形状を一つの関数で表わせることがわかる。

最後に、シルトフェンスが設置されていないCASE-Cでの無次元最大層厚 $H/h$ および $H/A_0^{1/2}$ と無次元流下距離 $x_f/h$ との関係について示したものが図8である。これより、任意の $x_f/h$ での $H$ をほぼ予測することができる。また、最大層厚 $H$ とシルトフェンスの高さ $a$ との比である $H/a$ とフェンスを乗り越えて拡散する越流粒子量比 $W_{ef}/W_0$ との関係について示したものが図9である。ここで用いた $H$ は $h=50\text{cm}$ 、 $W_0=13720\text{cm}^3/\text{s}^2$ の場合のものであるが、同様な図は他のケースに対しても作成することができる。また、ここで言う越流粒子量とは、底面に沿って流下する濁水塊が一気にフェンスを乗り越える量であり、時間の経過と共に拡散しながら徐々に越流する量は含んではいない。図9より、静水中ではフェンスの高さより小さい層厚の濁水塊がフェンスを乗り越えて拡散することはほとんどなく、 $H/a>1$ の場合、つまりフェンスの高さより大きい層厚になると、残留粒子量は $a/h$ と $l/h$ に強く依存する。

結論：静水中の越流粒子量 $W_{ef}$ は、シルトフェンスを設置しない場合における濁水塊の最大層厚 $H$ とシルトフェンスの高さ $a$ の関係を示す図9より簡単に予測することができる。

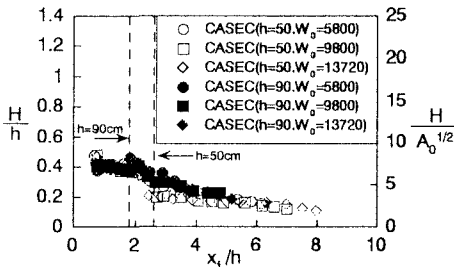


図8  $H/h$ および $H/A_0^{1/2}$ と $x_f/h$ との関係

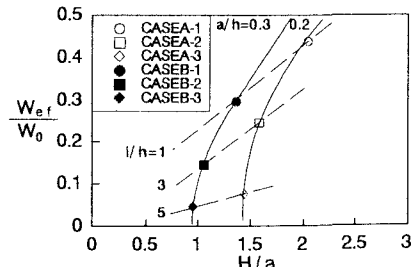


図9  $W_{ef}/W_0$ と $H/a$ との関係