

落差工下流の洗掘対策としての小規模な粗朶沈床工の適用性

独立行政法人水資源機構
広島大学大学院

正会員 ○木下真理子
正会員 渡邊明英

広島大学大学院
中央大学研究開発機構

正会員 内田龍彦
フェロー会員 福岡捷二

1. 序論

河川構造物直下流部の洗掘対策として護床工が設置される。しかし、護床工下流でも流れの加速により新たな洗掘が生じ、構造物の維持が困難になる場合がある。このため、落差工下流部の洗掘を完全に防ぐよりも、ある程度の洗掘を許容することで直下流部で大きな水深を確保し、落下水流のエネルギーを減勢させ、洗掘を防ぐ工法が考えられる。洗掘を許容しつつ、それ以上の洗掘を防ぐためには、洗掘孔の形状に柔軟に順応できる防護工が必要である。そこで、洗掘形状の変化に柔軟に対応でき、屈撓性を持つ洗掘防護効果の高い粗朶沈床工法に着目する。本研究では落差工直下流部における流れと洗掘機構をまず、実験的に明らかにし、次に洗掘孔内の流れ場の解析を行う。小規模な粗朶沈床工の設計法について不明な点が多いことから、実験によって設計に必要な資料を得る。

2. 実験概要と解析方法

実験水路は全長 15m、幅 1m であり、水路中央に落差 0.4m の落差工を有している。水路の概要を図-1 に示す。単位幅流量 $0.030 \text{ m}^2/\text{s}$ で生じた動的平衡状態（最大洗掘深 $Z_{sm}=0.5\text{m}$ 、洗掘孔長 $L=1.3\text{m}$ ）の洗掘孔内に洗掘孔長 L の範囲に粗朶沈床工を設置する。流量 $0.030 \text{ m}^2/\text{s}$ 、 $0.047 \text{ m}^2/\text{s}$ 、 $0.072 \text{ m}^2/\text{s}$ で通水を行い、洗掘孔内の流速分布と河床形状を測定する。粗朶沈床工長さを変化させて同様の実験を行う。粗朶沈床工模型を写真-1 に示す。沈石の落下を防止する柵の効果を損なわないように藁を用いて作成した。

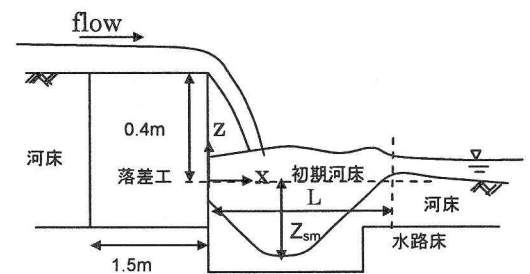


図-1 水路諸元

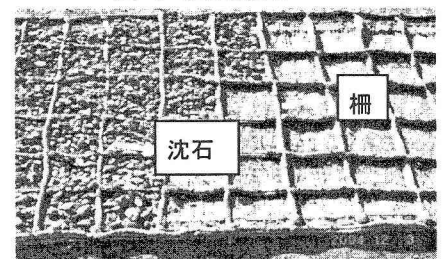


写真-1 粗朶沈床工模型

落差工下流部の変動を伴う河床及び水面の境界条件を取り込むために基礎方程式に σ 座標系 η が導入された。鉛直 2 次元数値解析により流れ場の解析を行い、乱流モデルにはスマゴリンスキーモデルを採用した。落下水流は境界条件として与えた。

3. 実験結果と考察

洗掘孔内の流れ場の実験結果と解析結果を図-2、図-3 に示す。図-2(a)、図-3(a) より、落下水流により①の渦を形成し、渦の下を通る②の主流は渦の下流で上向きに曲げられ、河床から剥離し洗掘孔に沿った流れではない。この流れの構造から、沈石は柵の効果によって縦断方向の移動は抑制されるが、鉛直方向には渦に巻き上げられる可能性がある。そのため、沈石の沈降速度が渦の鉛直上向きの流速よりも大きくなるように粒径を決定した。斜面上には③の逆流が形成されるがその流速は非常に小さく、水衝部の局所的な洗掘と下流域の砂の滑落によって洗掘孔が維持されている。図-3(a) は図-2(a) よりも大きな流量が流入した場合であり、図-3(a) の方が渦と主流の流速が大きくなっている。大きな流量が流入すると渦のみでエネルギーを十分に減衰しきれない。そのため主流速が大きくなり、下流へ影響を及ぼす。粗朶沈床工の被災状況を写真-2 に示す。エネルギーの減衰が十分でない場合、主流速が大きくなることによって沈石が散乱し水衝部と斜面上の一部が被災する。水衝部と斜面上の一部が被災しても、粗朶沈床工は全体的に河床を被覆しており、洗掘防護機能を維持していた。粗朶沈床工の敷設長さを短くした場合の実験結果を図-4 に示す。粗朶沈床工長さは主流が河床から剥離した位置に安全を見込み $X=0.8\text{m}$ までとした。流量が小さい場合には粗朶沈床工下流は洗掘されなかったが、流量が大きくなると洗掘が生じた。エネルギーの減衰が十分であれば敷設長さは河床から主流が剥離する位置までで良い。

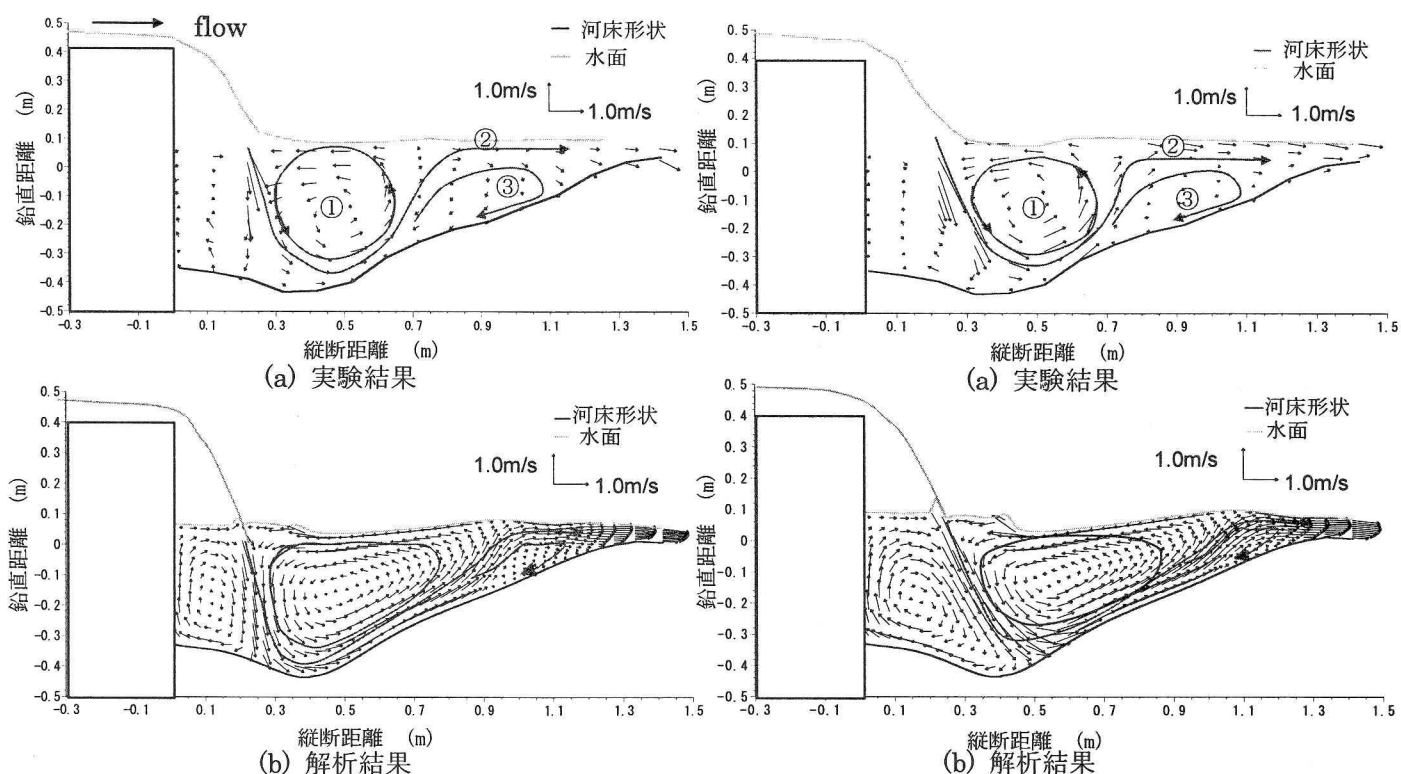


図-2 流速分布($q=0.030\text{m}^2/\text{s}$)

図-3 流速分布($q=0.047\text{m}^2/\text{s}$)

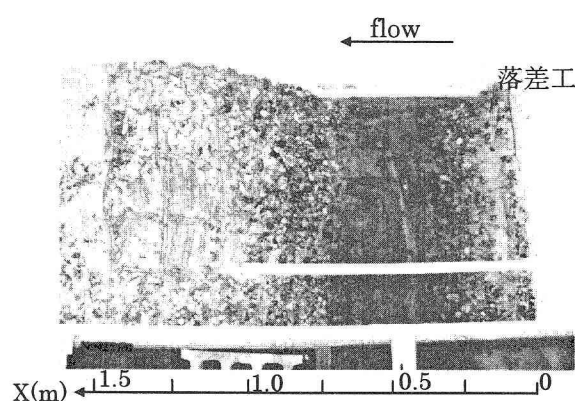


写真-2 粗朶沈床工の被災状況

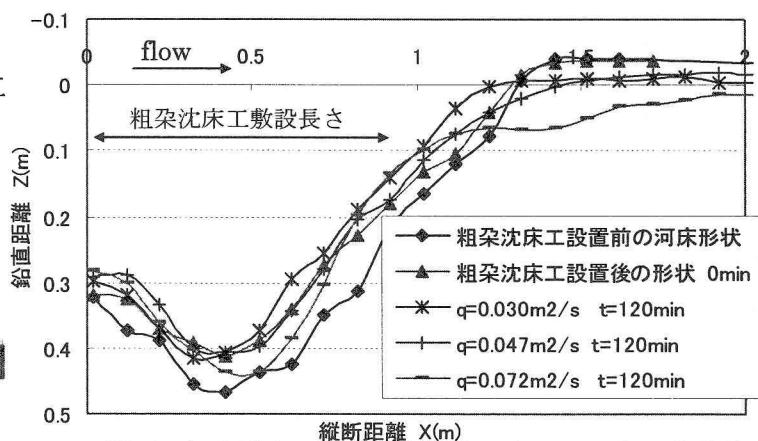


図-4 粗朶沈床工敷設長さを変化させた場合の実験結果

4. 解析結果と実験結果の比較

解析結果を図-2(b)と図-3(b)に示す。実験結果と比較すると、渦や逆流の形成等の流れの構造及び、流量の増加により、渦の形成領域、主流の河床から剥離する位置が下流になることなど実験結果の特徴を概ね再現している。実験結果よりも解析結果の渦領域は大きく、剥離位置が下流にある。この原因は主として、空気連行を考慮しない本解析モデルは流れのエネルギー減衰を少なめに見積もることになるためであり、設計の際には安全側に評価される。本解析モデルで見積もられた敷設幅は、実験結果の約 1.5 倍である。

5. 結論

粗朶沈床工の敷設長さはエネルギーの減衰の程度による。粗朶沈床工は一部が被災しても一体的に機能することができるため、洗掘を許容する工法に適している。粗朶沈床工を合理的に設計するためには解析モデルによって渦の形成領域、主流の河床からの剥離地点、渦と主流の流速を評価する必要がある。

参考文献

- 1) 内田龍彦, 福岡捷二, 渡邊明英: 床止め工下部の局所洗掘の数値解析モデルの開発, 土木学会論文集, No.768, pp.45-54, 2004.