

護床ブロック群に作用する流体力とその変形機構

独立行政法人水資源機構 正会員 ○田中幸志
 広島大学大学院 正会員 渡邊明英

広島大学大学院 正会員 内田龍彦
 中央大学研究開発機構 フェロー会員 福岡捷二

1. 序論

護床ブロック群の下流端には水位差に起因する大きな流体力が作用する。このため、護床ブロック群の下流部は弱点箇所となり易い。最下流部のブロックが流失するとその上流の水面勾配が大きくなり、流体力が大きくなるため、ブロック群の変形は下流から上流へ進行する¹⁾。本研究では、護床ブロック群の変形する要因となる流体力に着目し、乱積み状態の護床ブロックに作用する流体力とブロック群の変形機構を実験と数値解析により検討する。

2. 検討方法

図-1 に実験水路を示す。護床ブロック群は、水路中央付近の床止め工下流に約 1m の範囲に乱積み配置する。図-2 に護床ブロック群の配置状況の模式図と流体力の測定法を示す。下流部の水位低下によるブロック群の変形過程を調べるために 4 層積み相当のブロック群を設置する。護床ブロックに作用する流体力の測定には分力計を使用し、分力計は図-1 の分力計ピット内に設置する。流体力測定ブロックの下層のブロック群(固定支持ブロック群)は分力計に固定されている。この状態から流体力測定ブロックを僅かに上昇させた時の分力計から出力される流体力の変化が護床ブロック 1 個に作用する流体力となる。実験条件を表-1 に示す。実験はブロック群の下流側で水面勾配が大きくなる条件で行う。護床ブロックの変形は、デジタルビデオカメラを用いて流失時のブロックの運動を撮影し、解析には、内田ら²⁾が構築した σ 座標系の数値解析モデルを用い護床ブロックに作用する流体力を評価する。

3. 実験結果及び考察

図-3(a)はブロック変形前後の縦断形状及び水面形、(b)は横断平均したブロック群高さからの偏差を表したコンター図と流失したブロックの位置と順序を示している。最初の変形は右岸から 0.05m、ブロック前面から 0.95m 地点にあったブロックの流失によるものである。この箇所はブロック群下流部に位置し、かつ断面平均高よりも高い。変形の発端となるブロックの流失は、流体力が大きくなる下流端の断面において構造的に不安定な箇所で生じる。最初のブロックの流失に連動して、その隣の噛み合わさっていたブロックが流失した。この 2 つのブロックの流失に伴い、左岸側のブロックが断面平均高よりも高い位置となり、流失したと考えられる。図(b)よりブロック群の変

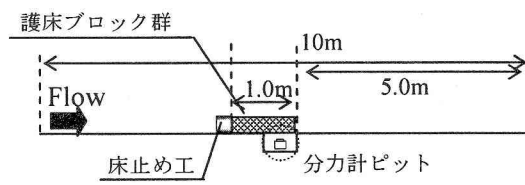


図-1 実験水路(縦断面図)

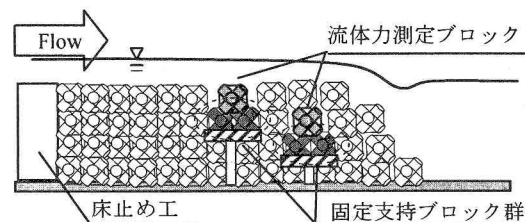
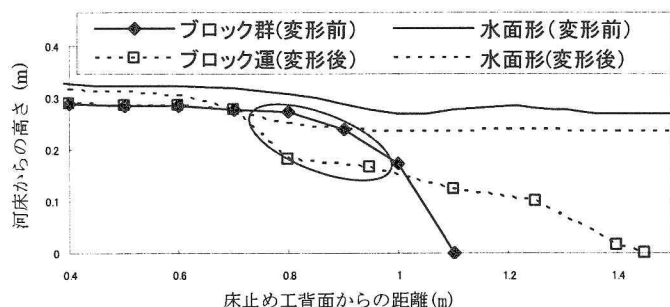


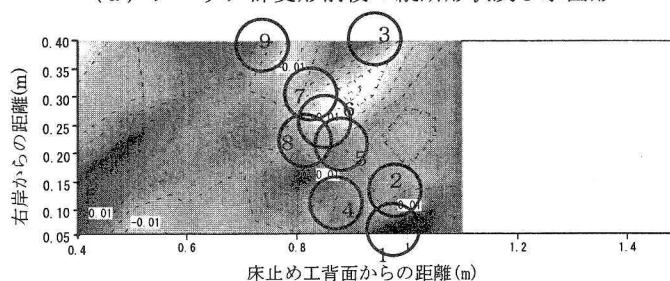
図-2 護床ブロック群の配置状況と流体力測定法の模式図

表-1 実験条件

単位幅流量	$4.4\sim6.7\times10^{-2} \text{ (m}^2/\text{s)}$
ブロックの代表長さk	$9.1\times10^{-2} \text{ (m)}$
ブロック比重	2.3
ブロック平均高 H_b	0.26(m)



(a) ブロック群変形前後の縦断形状及び水面形



(b) 横断平均ブロック高さからの偏差高さとブロックの流失過程

図-3 護床ブロック群の変形過程

形は下流の断面から順に流失し、全体としては下流から上流に向かう一次元的な現象と言える。

図-4は護床ブロックの鉛直流体力分布の実験値と解析値を比較である。流体力測定ごとにブロック群を配置し直す必要があるため、実験では同一断面のブロックの流体力の鉛直分布を直接測定することはできない。このため、実験では流体力測定断面の水面勾配が同じになるようにして流体力の鉛直分布を測定している。横軸の流体力測定ブロックの相対高さ Δh は図-5のように定義する。ここで、 H_b は断面ブロック平均高、 k はブロック代表長さである。 Δh は下向きを正にとっているため、 $\Delta h < 0$ の場合測定ブロックは他のブロックに比べ突出していることを表す。縦軸の D_0 は $\Delta h = 0$ のときの流体力である。図-4より、少しでも突出しているブロックには大きな流体力が作用し、ブロック群の変形が生じ易いことが分かる。解析値は実験値と比較すると、ブロック群の下層の流体力の値は解析値のほうがやや大きい、ブロック群表層で急激に流体力が大きくなる特徴を説明できている。

次に護床ブロック群の変形に伴う流体力の変化について検討する。図-6は実験で変形が生じる時の下流端水位を境界条件とし、変形前後の水面形の変化の解析値である。その時のブロック群表層に作用する流体力分布の変化の解析値を図-7に示す。変形前のブロック群形状では、水面勾配が大きくなる下流端斜面において大きな流体力が集中的に作用している。この範囲はブロックが変形する範囲とほぼ一致している。床止め工直下を含めたその他の箇所では、流体力はほとんど作用していない。ブロック群下流斜面が変形し、下流勾配が緩やかとなると最大水面勾配は上流に移動し、流体力は下流斜面全体に分散され小さくなる。

4. 結論

護床ブロック群の変形は、水面勾配が大きくなる下流端断面において相対的に高いブロックから起こるが、全体として下流から上流に向かう一次元的な現象である。流体力測定実験と解析結果から、ブロック群表層には大きな流体力が作用すること及び水面勾配が大きくなる下流端斜面において大きな流体力が集中的に作用し、ブロック群の変形が生じることが明らかとなった。また、ブロック群の変形とともに流体力分布が上流に移動することを示した。

参考文献

- 1) 内田龍彦, 田中幸志, 福岡捷二: 護床工最下流粗度要素の移動限界と破壊の実験, 水工学論文集, 第48巻(1), pp.841-846, 2004.
- 2) 内田龍彦, 福岡捷二: 流れによる護床ブロック群の変形・破壊の解析, 水工学論文集, 第49巻, pp.793-798, 2005.

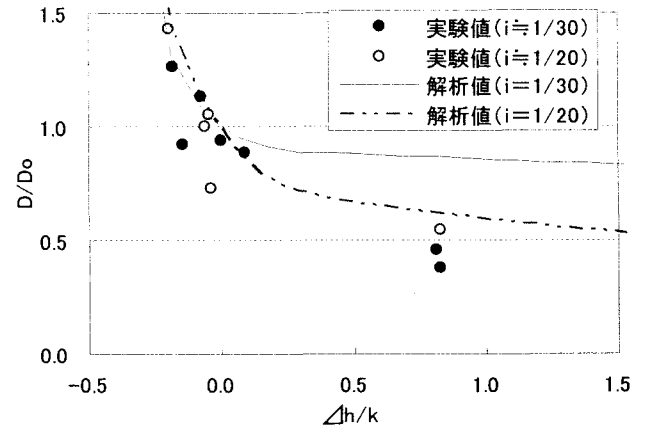


図-4 流体力の鉛直分布

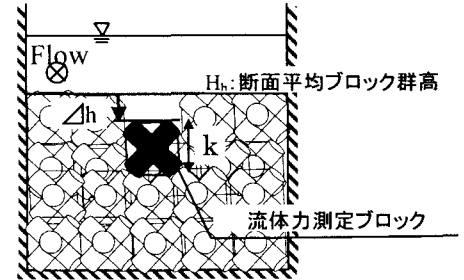


図-5 流体力測定ブロックの相対高さ Δh の定義

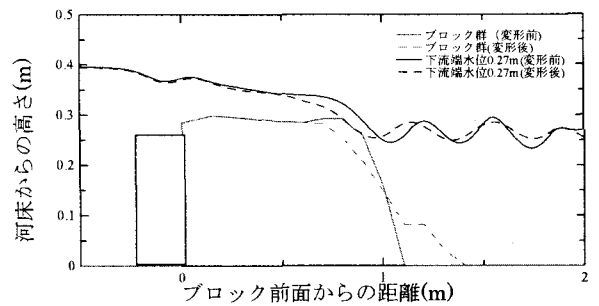


図-6 護床ブロック群変形前後の水面形の変化の解析値

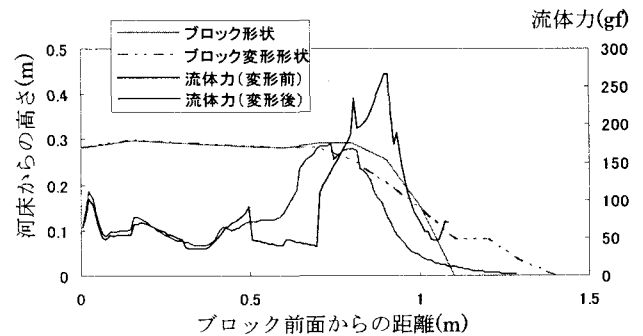


図-7 護床ブロック群表層の流体力分布の変化の解析値