

水位低下に伴う護床工最下流粗度の移動限界と破壊の実験

広島大学大学院 学生会員 ○田中幸志
広島大学大学院 学生会員 内田龍彦
広島大学工学研究科 フェロー会員 福岡捷二

1. 序論

護床工を構成する最下流の粗度要素は、水位差に起因して大きな流体力が作用すること及び下流の河床洗掘により破壊し易くなる。このため護床工を設計する際は、最下流部の破壊しにくい構造を検討する必要がある。破壊が起こりにくい工法として、異型コンクリートブロックを用いた護床工ブロック群がある。本研究では、護床工最下流ブロックの移動限界時に作用する流体力の測定方法を確認し、移動限界時の流体力と周囲の流れ場との関係を明らかにし、粗度群の破壊機構を解明することを目的とする。

2. 実験方法

図-1に示す実験水路に護床工ブロック（図-2、表-1）を水路中央付近の約1mの範囲に乱積み配置する。圧力は水路壁面からマノメータを用いて測定する。

図-3に移動限界時に最下流ブロックに作用する流体力の測定方法を示す。移動限界時に作用する流体力は、流下方向成分を抗力D、鉛直上向きの成分を揚力Lと定義する。流体力の測定には分力計を使用し、図-1の分力計ピット内に設置する。分力計と流体力測定ブロックの下層のブロック群は固定された状態であり、流体力測定ブロックのみが移動する。ブロックが移動し離脱するとブロックに作用していた力の分だけ流体力が変化する。図-4にブロック移動時の流体力の変化を示す。移動限界時の流体力は次式で算出できる。

$$D = Fx_i - Fx_{ii} \qquad L = Fz_i - Fz_{ii} + W$$

 Fx_i, Fz_i はブロック移動前、 Fx_{ii}, Fz_{ii} は離脱後に分力計によって出力される流下方向と鉛直方向の力、 W はブロック重量である。

異型ブロックの抵抗力は、形状による噛み合わせの影響を受ける。噛み合わせ効果を定量化するため、図-5に示すように噛み合わせ厚さ k_0 を定義する。噛み合わせ厚さ k_0 が大きいほど上下のブロックが噛み合うため、ブロックの移動に対する抵抗力は大きくなる。

護床工ブロック群の破壊を生じさせるための外力として水位差に着目する。実験では、流量一定の条件下で、徐々に下流端水位を下げることで、ブロック群にかかる外力を増大させ破壊を生じさせる。

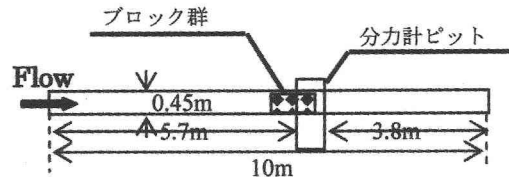


図-1 実験水路平面図

表-1 護床工ブロック諸元

比重	2.4
スケール	0.1m
配置	乱積み
配置区間	水路中央

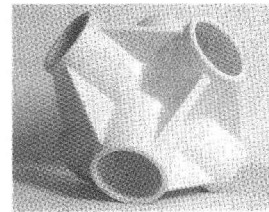


図-2 護床工ブロック

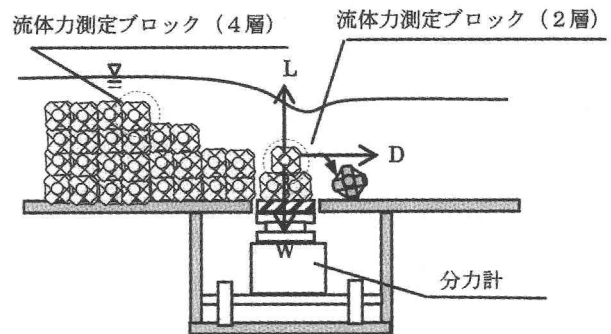


図-3 流体力測定法

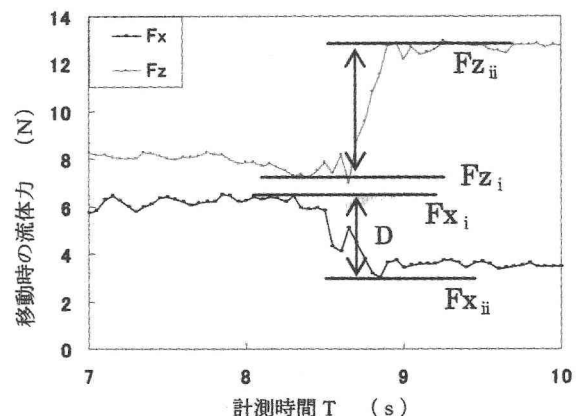


図-4 ブロック移動時の流体力の変化

3. 実験結果及び考察

護床工ブロック群の破壊機構を群周辺の流れ場と比較し検討する。図-6は破壊前のブロック群周辺の水位、圧力分布及びブロック群形状である。圧力分布は静水圧分布からのずれを水頭で表している。下流端水位が低下すると、最下流ブロックを挟む2断面間の水位差が増大し、圧力差が大きくなるため、最下流ブロックは他のブロックより大きな流体力を受け流失する。最下流ブロックの流失により、その上流に位置するブロック前後の水位差、圧力差が大きくなるため、破壊は下流から上流に連鎖的に伝わる。ブロック群破壊前の流況特性を図-7に示す。破壊する最下流ブロック周辺でブロック群内に速い流れが生じている。破壊が下流から上流に伝わることによって、ブロック群勾配が緩やかとなり、ブロック群に沿う流れ場が形成されると破壊は止まる。次に、護床工ブロック群破壊の発端となる最下流ブロックの移動限界時に作用する流体力を検討する。流体力測定は図-3に示す4層、2層積みで配置されるブロックで行う。ブロック群形状は、図-7に示す破壊前後のブロック群形状をそれぞれ想定している。図-8に無次元噛み合わせ厚さ k_0/k とブロック移動時に作用する流体力の関係を示す。移動時の揚力 L は噛み合わせ厚さ k_0 の影響を受けないが、移動時の抗力 D は k_0 が大きくなるほど増加する。 D によるモーメントはブロックを移動させる駆動力となる。 k_0 が大きいと上下のブロックが互いに噛み合い、モーメントの回転の支点と D の作用点の距離が小さくなるため、移動時の抗力 D は大きくなる。また、 $k_0/k < 0.25$ の範囲では、移動時の抗力 D はほぼ一定となり、 k_0 の影響をほとんど受けない。この範囲では、抗力 D は k_0 よりブロックの形状や大きさの影響を受けると考えられる。

4. 結論

- ・ブロック群の破壊は水位差が大きく、圧力差が大きくなる最下流端ブロックの流失が発端となって生じ、下流から上流に進行する。そしてブロック群下流の勾配が緩やかとなり、ブロック群に沿う滑らかな流れ場が形成されると破壊は止まる。

- ・移動時の揚力 L は k_0 の影響を受けないが、移動時の抗力 D は k_0 が大きくなるほど増加する。これは k_0/k が大きくなるほど、駆動力となる D によるモーメントが小さくなるためである。また、 k_0/k が 0.25 以下の場合、抗力 D は k_0 の影響をほとんど受けない。

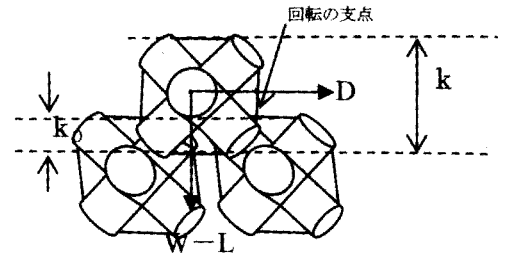


図-5 噛み合わせ厚さ k_0

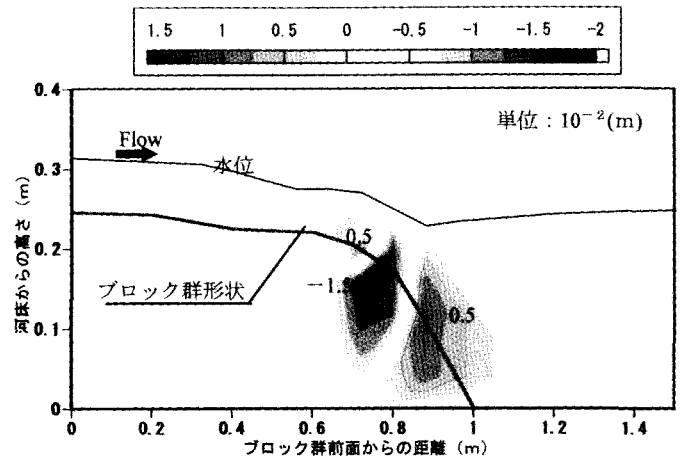


図-6 ブロック群周辺の圧力分布

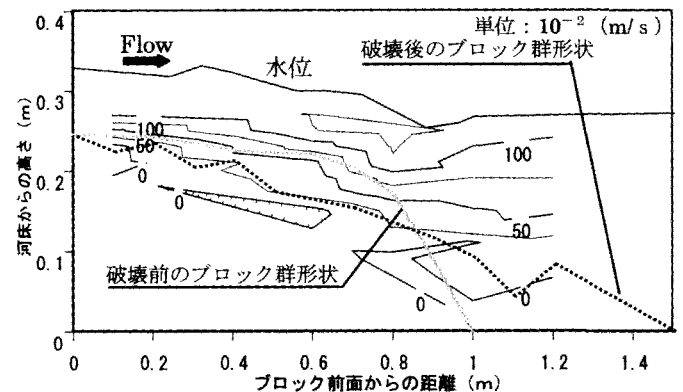


図-7 主流速コンター (破壊前)

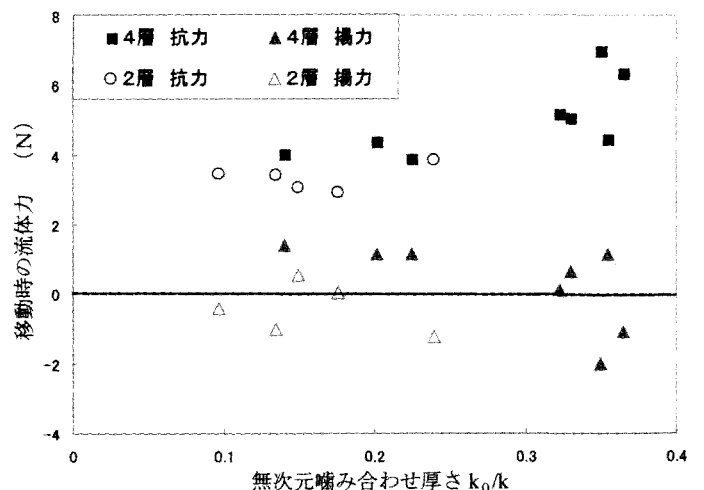


図-8 k_0/k と移動時の流体力の関係