

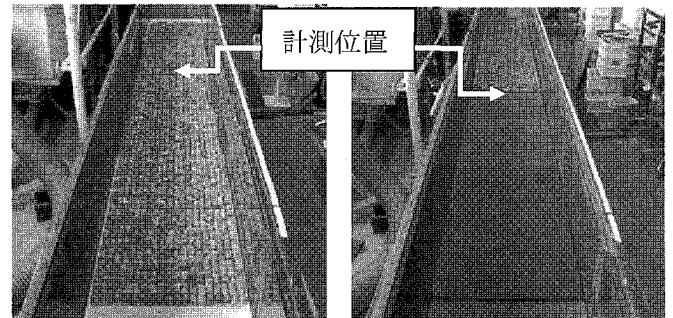
# 群体設置時における連結石礫の流体力評価

岡山大学 学生員 ○富田晃生 岡山大学 正員 前野詩朗

岡山大学 学生員 藤原実咲 日建工学(株) 正員 梓熊公子 日建工学(株) 山村明

## 1. はじめに

近年、環境に配慮した「多自然型川づくり」が進み、護岸に用いる材料として、コンクリート製のブロックに変わり自然石を用いることが多くなった。しかし、自然石で構築される構造物は環境性能には優れているものの、同時に洪水時の破壊に対する強度不足が懸念されている。そこで近年、自然石同士を金具で強固に連結する自然石連結工法が提案されており、環境性能を保持したまま構造物の機能が果たせると注目を集めている。しかし、形状や重量がそれぞれ異なる自然石によって形成された連結石礫に関する研究例は少なく、その確立された設計基準はないのが現状であった。そのため、著者らは設計の際に必要な抗力・揚力係数や、その安定性を解明する目的で研究を始め、これまでに単体設置時における連結石礫の水理特性と、石礫を連結することによって得られる効果を明らかにしてきた。そこで、本研究ではその発展的なものとして、より現場状況に近い群体設置時(写真-1(a))、及び上流端設置時(写真-1(b))における連結石礫の抗力・揚力係数を実験的に明らかにし、安定性について検討を行うものである。



(a) 群体 (b) 上流端

写真-1 模型設置状況

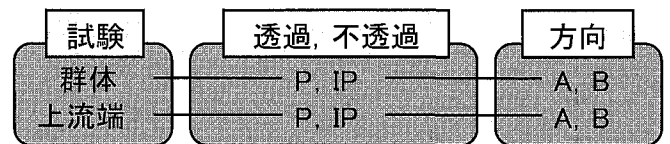
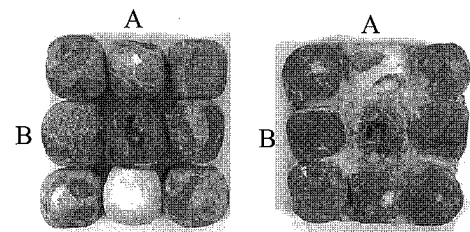


図-1 実験ケース



(a) 透過型 (b) 不透過型

写真-2 石礫模型

## 2. 実験の概要

実験に用いた水路は長さ16m、幅0.6m、勾配1/500であり、水路上流から10mの位置に長さ1m、幅0.6m、深さ0.17mのピットがあり、水路下流端には水深を調整できるフラップゲートが設けられている。また、水路ピット内に四分力計を設置し、これによって石礫模型に作用する流体力である抗力 $D$ 、揚力 $L$ 、モーメント $M$ を計測する。

図-1に実験ケースを示す。なお、石礫間に間隙があり透過性を有する場合(写真-2(a))をP:permeable、石礫間に間隙がなく不透過な場合(写真-2(b))をIP:impermeableと表示し、写真-2に示すA, B方向を上流に向けることにより2方向を対象とした。

次に、石礫に作用する流体力から抗力・揚力係数

$C_D \cdot C_L$ を算定する際に用いる式を示す。

$$C_D = \frac{2D}{\rho A_d V_d^2}, \quad C_L = \frac{2L}{\rho A_b V_d^2}$$

ここに、 $D, L$ :計測された抗力、揚力(N)、 $A_d, A_b$ :抗力、揚力作用面積(流れ方向に対する投影面積、平面積)( $m^2$ )、 $V_d$ :近傍流速(m/s)、 $\rho$ :流体の密度( $kg/m^3$ )である。

## 3. 実験結果

### 3.1 $C_D, C_L$ に関する結果と考察

### (1) 群体試験

$C_D$ を図-2(a)に、 $C_L$ を図-2(b)に示す。なお、透過型を図中の中抜きマーカーで、不透過型を塗りつぶしマーカーで示し、それぞれの平均値を点線と実線で示している。図より、 $C_D$ は透過型の方が不透過型よりも大きいのにに対し、 $C_L$ は透過型、不透過型による違いはほとんど見られない。これは、透過型の方がその構造上、抗力 $D$ を不透過型よりも多く受けるにも関わらず、抗力作用面積はほとんど変わらないためと考えられる。一方、揚力 $L$ には透過型、不透過型の違いによる有意な差は無く、それが $C_L$ に反映されていると考えられる。

よって $C_D$ は透過型が0.11、不透過型が0.10、 $C_L$ は透過型、不透過型全ての平均値である0.025を得た。

### (2) 上流端試験

$C_D$ を図-3(a)に、 $C_L$ を図-3(b)に示す。群体試験と同様の傾向が見られ、その理由も同様のものと考えられる。

よって $C_D$ は透過型が0.92、不透過型が0.79、 $C_L$ は透過型、不透過型全ての平均値である0.13を得た。

## 3.2 破壊に関する結果と考察

連結石礫を実河川に敷設するに当たっては、図-4に示す(a)めくれ、(b)滑動、(c)抜け出しの3つの破壊モデルに関して検討する必要がある。(a)、(b)、(c)それぞれに対する破壊駆動力と抵抗力の比による破壊指数 $F_M$ 、 $F_D$ 、 $F_L$ を次式によって求めた。

$$F_M = (D \cdot \ell_1 + L \cdot \ell_2) / W \cdot \ell_2$$

$$F_D = D / \mu W$$

$$F_L = L / W$$

ここに、 $\ell_1$ ：石礫下端から石礫中央部までの距離、 $\ell_2$ ：石礫下流端から石礫中央部までの距離、 $W$ ：石礫の自重、 $\mu$ ：0.65である。

その結果を図-5に示す。図より、本実験条件下での破壊指数は、群体、上流端共に $F_L$ 、 $F_M$ 、 $F_D$ の順で大きくなることがわかった。さらに、 $F_D$ については透過型の方が不透過型よりも大きいため、特に安定性が求められる箇所では、石礫に作用する抗力 $D$ に対する抵抗力を大きくすることがポイントになると言える。

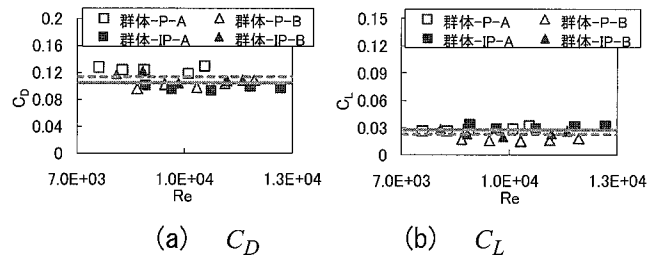


図-2 群体試験の $C_D$ ・ $C_L$

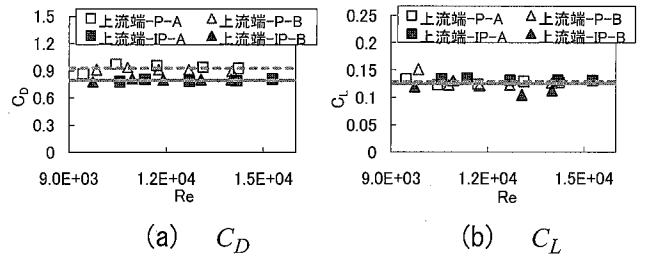


図-3 上流端試験の $C_D$ ・ $C_L$

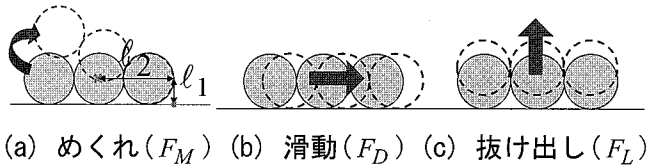


図-4 破壊モード

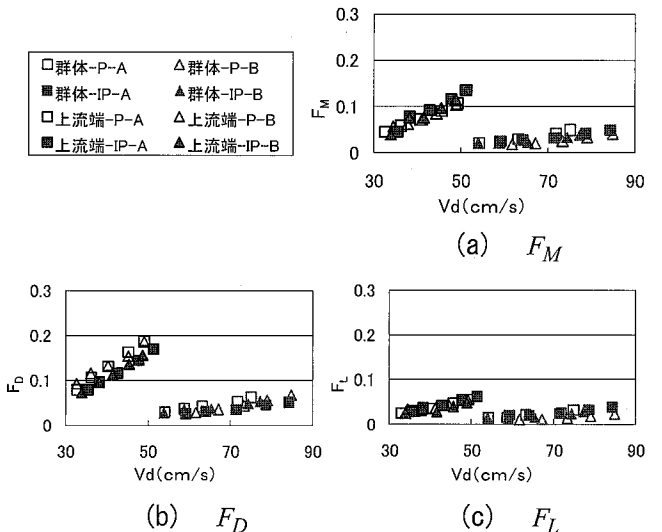


図-5 破壊指数

## 4. 結論

本研究では乱れ強度の影響を考慮していない。破壊現象は時間平均された流体力ではなく、瞬間的な流体力による影響に依存し、群体設置時と上流端設置時で示すその挙動は違うことがわかっている。そのため、今後はそれぞれの設置状態に応じて安全率をどの程度割り増しすれば安定した設計が出来るのか検討する必要がある。