## 乱積みブロックに作用する流体力の計測

日建工学株式会社	○藤瀬晋也
日建工学株式会社	山村明
防衛大学校建設環境工学科	林建二郎
防衛大学校建設環境工学科	多田 毅

## 1. はじめに

長年にわたり河川の深掘れ防止対策としてコンクリートブロック(以下,ブロック)乱積み工法が施工されてきた.その際,河川における乱積みブロックの安定性を論じるには,ブロックに作用する流体力の大きさ,方向は安定性を照査する上で必要不可欠である.乱積み群体時(写真-2)は単体時に比べ,ブロック相互のかみ合わせ効果及び遮蔽効果により安定性は向上するとされている.本研究では単体時の流体力と乱積み群体時の流体力を計測比較し,ブロック安定性及び流失メカニズムの解明を目途とした.今回は,基礎的な計測結果としてブロック単体時と乱積み群体時の流体力の計測・比較結果,および群体ブロックに作用する転倒モーメントの計測結果を報告する.

## 2. 実験方法

実験には、長さ 40m, 幅 0.8m, 高さ 1m の回流装置付き二次元水 槽内の一部を嵩上げした水平床の開水路を用いた.開水路横断幅 の中心線上に単体ブロック( $3.7 \times 3.5 \times 3$ cm, 写真-1 参照)を, 河床下 部に設置した 3 分力計に支持棒(長さ 10cm, 径 3mm)を用いて取り 付け, 流量を調整し流速を変化させ, a) 流れ方向に作用する抗力  $F_x$ , b) 鉛直方向に作用する揚力  $F_z$ , c) 3 分力計内のモーメント計 測点まわりのモーメント  $M_y$ を計測した.計測ブロックの長軸方向は鉛 直な支持棒に対し 45 度の傾斜角となるように設置している.河床面 からの計測ブロックの重心までの高さは 6.5cm とした.

計測ブロックの十分前方の底面から水深hの40%の位置にプロペラ流速計を設置し,代表流速 Umを測定した.

単体時のブロックに作用する流体力は,流れに対するブロックの向 きで変化すると思われるので,ブロック長軸を流れの上流方向,そこ から45度の方向(上流斜め方向),90度の方向(横断方向),135度 の方向(下流斜め方向),180度の方向(下流方向)に向けた5ケース で計測を行った.単体時の水深は*h*=19.5cmとした.

群体時の実験では, 群体の形状を乱積み根固工(長さ=50cm, 幅 =20cm, 高さ=8.5cm) とし, 写真-2 のように, 単体時の計測ブロックの まわりがブロック群で囲まれるように配置した. 流失しやすい上流端 付近の法面ブロックに作用する流体力と曲げモーメントを計測した. ただし計測ブロックの設置方向は, 135 度の方向(下流斜め方向)の



写真-1 計測ブロックの設置(単体時)



写真-2 計測ブロックの設置(群体時)



## 図-1 計測ブロックの設置(単体時)と座標系,示力線等の模式図

キーワード ブロック,抗力、揚力、転倒モーメント、示力線,安定性、転倒流出 連絡先 〒160-0023 東京都新宿区西新宿 6-10-1 日土地西新宿ビル 17F ⑥e-mail: fujise@nikken-kogaku.co.jp 1ケースのみとした. 群体時の水深は h=10cm とした.

#### ホカ線の算定方法

計測ブロックに作用する流体力の示力線の算定法について説明する<sup>1)</sup>. 図-1に示す3分力計により,計測ブロックに作用する流体力*F<sub>x</sub>*, *F<sub>z</sub>とモーメントM<sub>y</sub>が計測できる*.

計測ブロックに作用する抗力 $F_x$ , 揚力 $F_z$ , モーメント $M_y$ の20秒の時間平均値を $F_{xm}$ ,  $F_{zm}$ ,  $M_{ym}$ とする.  $F_{xm}$ ,  $F_{zm}$  より, ブロックに作用する合力の大きさ $F_T$ と方向角 $\theta$ が求まる.

$$F_T = (F_{xm}^2 + F_{zm}^2)^{0.5} \tag{1}$$

$$\theta = \tan^{-1}(F_{zm} / F_{xm})$$
 (2)

モ-メント中心点からこの合力ベクトルまでの垂線距離 *l* は(3)式で算定される<sup>1)</sup>. *l*を回転半径と定義する.

 $l = M_y / F_T \tag{3}$ 

 $F_T$ と回転半径 l が分ると、合力 $F_T$ の示力線を決定できる.

#### 4. 結果及び考察

## a) ブロックに作用する抗力, 揚力特性

単体時と群体時の計測ブロックに作用する抗力と揚力の時間 平均値を F<sub>xm</sub>, F<sub>zm</sub>とする. F<sub>xm</sub>, F<sub>zm</sub>の平均流速 U<sub>m</sub>に対する変化 特性を,流れに対するブロックの設置方向をパラメータとして,図 -2と図-3にそれぞれ示す.

単体時のブロックに作用する抗力  $F_{xm}$ は、 $U_m$ の増加に伴い増加しているが、ブロックの設置方向による差は小さい. 乱積み根面工の上流端付近の法面ブロックに作用する抗力  $F_{xm}$ は、 $U_m < 60$ cm/sでは $U_m$ の増加に伴い増加しているが、 $U_m > 60$ cm/sでは $U_m$ の増加に伴い増加しているが、 $U_m > 60$ cm/sではほご一定値となっている。一方、単体時のブロックに作用する揚力  $F_{xm}$ の  $U_m$ に対する変化は小さく、ほぼ 0 となっている。根面工上流端の群体法面ブロックに作用する揚力  $F_{xm}$ も  $U_m$ に対する変化は小さく、 $F_{xm}$ =約 11gf の一定値となっている。

## b) 群体中のブロックに作用する転倒モーメントと安定限界

根固工の上流端付近の法面に置かれた計測ブロックの右下 端を転倒支点とすると,流体力*F*<sub>T</sub>による転倒モーメント*M*<sub>f</sub> は(4)式で示される.式中の*L*<sub>f</sub> は転倒支点から示力線まで の垂線距離である(図-1参照).

$$M_f = F_T \times L_f \tag{4}$$

ブロックの水中重量*F<sub>SG</sub>*(=17.45gf)による抵抗モーメント *M<sub>SG</sub>*は, (5)式で示される.

$$M_{SG} = F_{SG} \times L_{SG} \tag{5}$$



図-2 ブロックに作用する抗力 Fx



図-3 ブロックに作用する揚力 Fz



# 図-4 ブロックに作用する転倒モーメント *M<sub>f</sub>* と 抵抗モーメント *M<sub>SG</sub>*の比較

 $L_{SG}$ (=2.3cm) は転倒支点から $F_{SG}$ 作用線までの垂線距離である.本計測ブロックの転倒モーメント $M_f$ に対する変化特性を図-4に示す. $M_f$ が抵抗モーメント $M_{SG}$ =40gf・cmを超過する $U_m$  > 55cm/sになる場合は、本ブロックの転倒が生じると考えられる.本実験では $U_m$  > 62cm/s になると上流端近傍法面でブロックの転倒流出が生じた. 参考文献 1) 林建二郎・大井邦明・河野茂樹:護岸ブロックを用いた粘り強い海岸堤防の被災機構に関する水理実

験, 土木学会論文集 A2 (応用力学), Vol.69, No.2, pp.I-511~I-517, 2013.