

物体に作用する流体力の示力線の利用法

防衛大学校理工学研究科 正会員 ○大井 邦昭
 防衛大学校建設環境工学科 正会員 林 建二郎
 防衛大学校建設環境工学科 正会員 多田 毅
 防衛大学校建設環境工学科 正会員 宮田 喜壽

1. はじめに

河川における根固工や護床工に用いられるコンクリートブロック（以下、ブロックとする）に作用する流れによる流体力の大きさと方向および作用位置を把握することはブロックの安定性を照査するために必要不可欠である。

流体中にある物体に作用する流体力特性を把握するとき、一般的には圧力計で計測した複数点の圧力値を基に物体全体に作用する流体力を推定する方法がある。しかし、ブロックに孔や突起が設けてある場合、特徴的な地点となる孔の中や突起付近の圧力値を実測するのは困難である。一方、分力計に計測対象物体を取り付けることで物体全体に作用する流体力および曲げモーメントを計測することができる。

本報告は分力計によって計測された物体全体に作用する力とモーメントからブロックの安定性照査に必要な流体力の大きさと方向および作用位置を算定に“示力線”という表現を用いた方法を示すものである。示力線、合力の大きさ、物体の自重および転倒支点がわかれば詳細な圧力分布形状がわからなくても物体の転倒判断が可能となる。

2. 示力線の算定方法

図-1 に分力計と計測対象ブロックの接続状況等の模式図を示す。分力計で計測される値は一般的に F_x , F_z , 計測器中心における M_y の三分力, またはこれに F_y , M_x , M_z を加えた六分力である。ここでは簡単のために三分力計による方法を示す。なお、左右対称形状のブロックでは F_y や M_x などの計測値は微小であり、多くの場合に三分力で安定性の照査が可能だと考えられる。

示力線は流体力の合力 F_T , 角度 θ , 計測器中心におけるモーメント M_y を基に算定できる。 F_T と θ は式 (1), (2) で算定できる。示力線の位置を決めるために必要

な回転半径 l は F_T および M_y より式 (3) で算定できる。

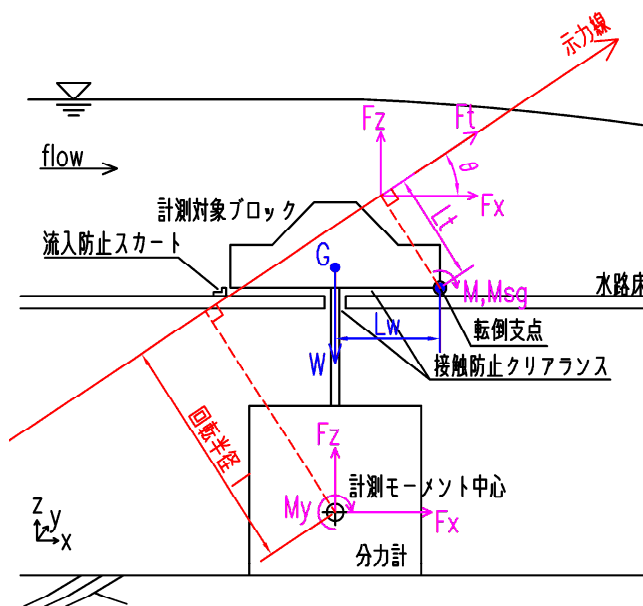


図-1 座標系, 示力線等の模式図

$$F_T = \sqrt{F_x^2 + F_z^2} \tag{1}$$

$$\theta = \tan^{-1} \frac{F_x}{F_z} \tag{2}$$

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

3. 示力線の利用法 (転倒モーメントの算定)

ブロックに転倒が生じる際の支点となる転倒支点の位置と示力線, 流体力の合力の大きさ, およびブロックの自重 (水中重量) と作用位置 (通常は重心) がわかればブロックに転倒が生じるかどうかを定量的に判断することができる。物体に作用する示力線の位置と向きは流体力の合力の作用位置と方向そのものを表している。合力の作用点が示力線上のどの位置に存在するかは圧力分布図が必要となるため分力計による計測

キーワード 流体力, 示力線, 分力計, モーメント

連絡先 〒239-8686 横須賀市走水 1-10-20 防衛大学校建設環境工学科 TEL 046-841-3810 (内線 3524)

結果からだけではわからない。しかし、ブロックに作用する転倒支点まわりの転倒モーメントは作用点の位置にかかわらず一定値である。式 (4), (5) に転倒モーメント M とブロック自重による転倒支点まわりの抵抗モーメント M_{sg} の算定式を示す。(模式図は図-1 参照)

$$M = F_t \times L_t \quad (4)$$

$$M_{sg} = W \times L_w \quad (5)$$

4. 示力線の利用例

著者らは図-2 に示す形状のブロックを海岸堤防の陸側斜面に設置した場合の安定性について研究を行っている。このようなブロックの流体力の計測に圧力計を用いるのは困難であるため分力計および示力線による方法を用いる。なお、このときの外力は津波による越流であり、水理実験では定常流を作用させた。実験断面概要の模式図を図-3 に示す。分力計は図-3 に示す法肩に位置するブロックに図-1 の要領で接続した。

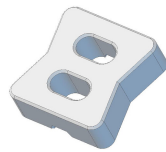


図-2 実験に使用したブロック

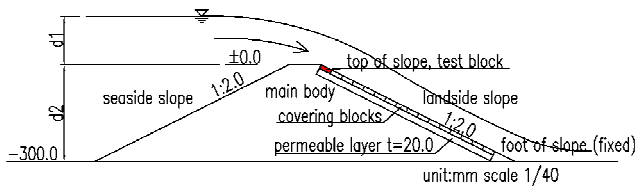


図-3 実験断面概要

図-4 は式 (1) ~ (3) を用いて算定した越流水深 $dI=180\text{mm}$ の条件における示力線の位置と方向を示す。図より検査対象ブロックにはブロックを引きはがす方向に流体力が作用していることが理解できる。これは堤防を越えた流れが流線の曲りによる遠心力の影響を受けて法肩部の圧力が低下していることに起因していることを著者らは明らかにしている¹⁾。

式 (1) ~ (5) を用いて越流水深 dI を変化させたときの M と M_{sg} の変化を算定したものを図-5 に示す。 M と M_{sg} を比較することによりブロックの安定性を定量的に評価することが可能となった。すなわち、 $M > M_{sg}$ となったときに転倒が生じる。

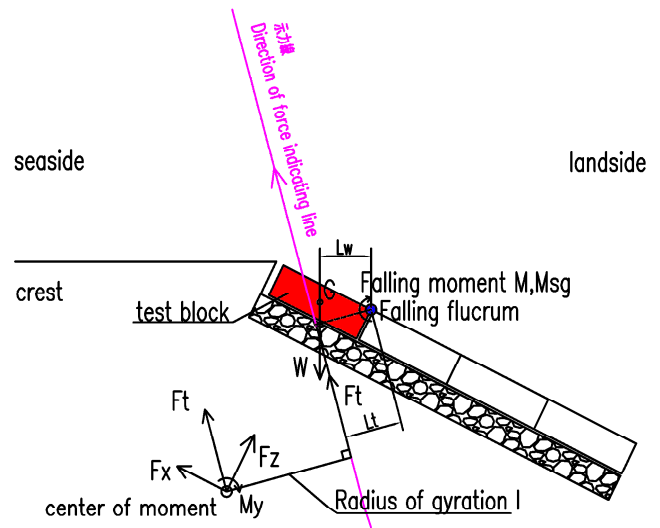


図-4 示力線図 ($dI=180\text{mm}$)

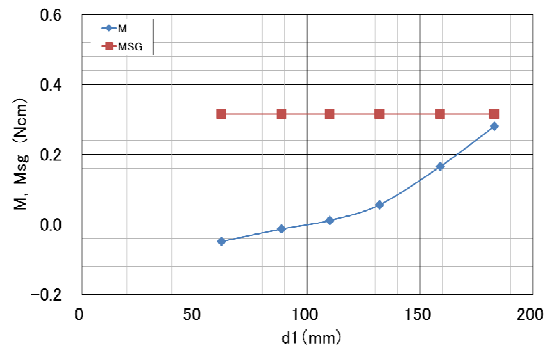


図-5 M と M_{sg} の dI による変化

5. まとめ

圧力計を用いた実測が難しい複雑な形状の物体に作用する流体力を定量的に評価するために分力計の計測値に基づく示力線を利用した方法を示した。分力計で計測した流体力の合力と示力線、および物体の転倒支点から物体の転倒モーメントを算定できる。また、物体の質量に基づく抵抗モーメントと比較することで転倒判断が可能となることも示した。

なお、著者らの既往の研究では、ブロックに作用する流体力は変動成分を有しており、計測値の最大値を基に転倒判断を行う必要があることを指摘している¹⁾。

参考文献

- 1) 大井邦昭, 林建二郎, 河野茂樹: 粘り強い構造の海岸堤防法肩におけるブロックの転倒・離脱機構, 土木学会論文集 B3, 39 巻, 2014
- 2) 林建二郎, 大井邦昭, 前田稔, 斉藤良: 開水路中に水没設置された立方体および棧粗度の流体力, 水工学論文集, Vol55, 2011