

# 擬似自然石に働く流体力に関する実験的研究

○武蔵工業大学 正会員 田中 厚至  
武蔵工業大学 正会員 長岡 裕  
武蔵工業大学 平本 邦明

## 1. はじめに

近年、河川環境の保全を目的とし、生態系や景観に配慮した多自然型川づくりが見直されている。多自然型護岸工法の一つとして、従来のように河川法面をコンクリートで固めることを避け、自然石に似せたコンクリートブロックを河川法面に配置することにより法面を保護するものがある。この工法は石と石との間の空隙が大きく、動植物にとっての有効な生育環境を作り出すことが可能であると同時に、近年の自然石不足という問題も解決できるという利点がある。一方、石間の空隙は石に働く流体力を増大させると考えられ、石の重量のみで法面を保護していることを考えると、施工後の洪水時における安全性の確保が重要な課題である。本研究の目的は、擬似石に働く流体力を測定し、洪水時の流水に対する石の安定性を検討することである。

## 2. 実験装置および実験方法

実験には、幅 3m、高さ 2.3m の回流式境界層風洞を用いた。風洞を用いるのは、より大きなレイノルズ数で実験を行うためである。

実験に用いた擬似自然石モデルの概略図を図 1 に示す。大きさおよび形の異なる 4 つの石からなる 540mm×624mm の六角形を基本単位とし、図 2 に示すように同様のモデルを床に敷き詰めた。流体力の測定は、4 つの石の中で最も大きい石のモデル（図中、色つきのもの）について行った。

測定は、図 2 に示した群体内部の他、群体先頭部および単体で行った。単体とは、石 1 つだけを設置した場合である。石と流れの角度の影響を調べるために、それぞれの条件において、図 3 に示すように流れに対する石の角度を 0 度、30 度、60 度、90 度と変化させ

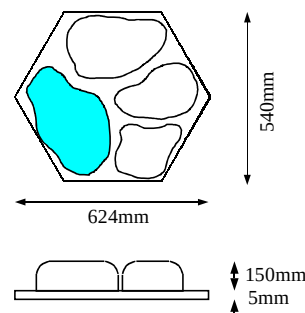


図 1 擬似自然石モデルの概略図

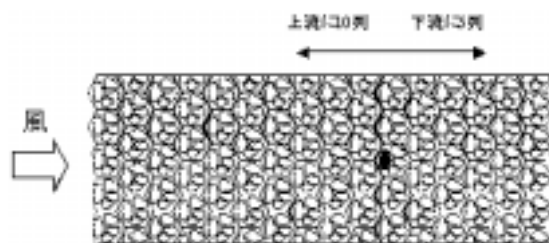


図 2 石の設置方法（設置角度 0 度）

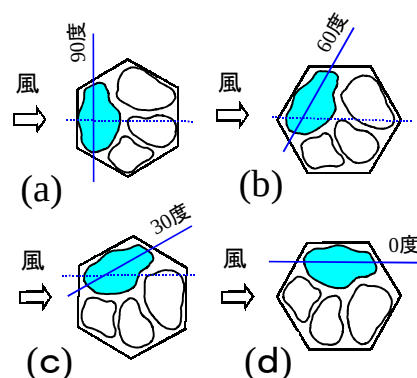


図 3 設置角度条件

表 1 形状係数

|            | 0度   | 30度  | 60度  | 90度  |
|------------|------|------|------|------|
| 抗力に対する形状係数 | 0.65 | 0.58 | 0.46 | 0.42 |
| 揚力に対する形状係数 | 1.54 | 1.3  | 0.82 | 0.65 |

測定を行なった。

流れの角度による抗力方向および揚力方向の射影形

キーワード： 抗力係数 揚力係数 形状係数

連絡先： 〒158-8557 東京都世田谷区玉堤 1-28-1

多自然型川づくり 護岸工法

武蔵工業大学 土木工学科 Tel：03-3703-3111

状の変化による影響を検討するため、表1に示すような形状係数を導入した。抗力に関しては、高さを幅で除した比を、揚力に関しては、流下方向長さを幅で除した比を形状係数とした。

測定風速は5m/s、10m/s、20m/s、30m/sとした。対応するレイノルズ数の範囲は70,000～470,000である。測定した流体力および一様風速から、式(1)、式(2)式を用いて抗力係数および揚力係数を算出した。

$$D = C_d \rho A_d V^2 / 2 \quad (1)$$

$$L = C_L \rho A_L V^2 / 2 \quad (2)$$

ここで、 $D$ ：抗力、 $C_d$ ：抗力係数、 $\rho$ ：空気密度、 $V$ ：一様風速、 $A_d$ ：抗力方向射影面積、 $L$ ：揚力、 $C_L$ ：揚力係数、 $A_L$ ：揚力方向射影面積である。

レイノルズ数は式(3)で定義した。

$$Re = V l / \nu \quad (3)$$

ここで、 $V$ ：一様流速、 $l$ ：流下方向長さ、 $\nu$ ：空気の動粘性係数である。

### 3. 実験結果および考察

図4に抗力係数とレイノルズ数との関係を、図5に揚力係数とレイノルズ数との関係を示す。

抗力係数、揚力係数ともに単体が最も大きく次に群体先頭、群体の順に抗力の値が小さくなる傾向があり、群体における係数値が大きく下がっていることから、群体の内部では前列の石により流体力が大きく弱められることが分かる。抗力係数に関しては群体内部の石では先頭に比べると約1/10程度まで弱められる結果となった。

レイノルズ数470,000においては抗力係数および揚力係数はともに安定しており、この石の形状特性を表す係数であるといえる。レイノルズ数470,000は、実際の河川においては流速1m/s程度に相当する。

次に図6に抗力係数と形状係数との関係を、図7に揚力係数と形状係数との関係を示す。

図6、図7より形状係数の増加にともない抗力係数および揚力係数は減少傾向にあることがわかる。このことより、抗力に関しては幅が大きくなるほど抗力係数が大きくなり、揚力に関しては流下方向長さが幅に比べて長くなるほど揚力係数は小さくなる傾向があることがわかる。

### 4. まとめ

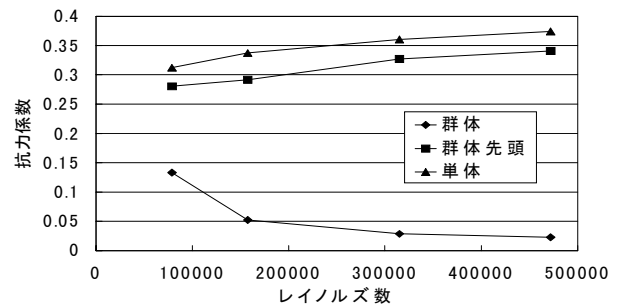


図4 擬似自然石の抗力係数 (90度)

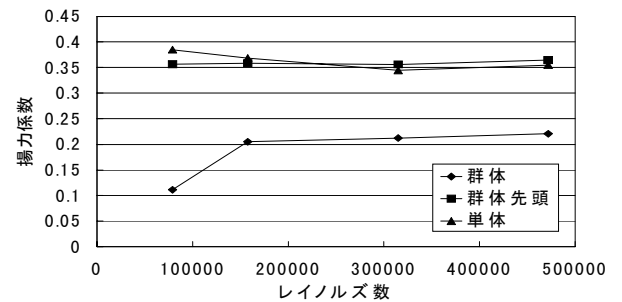


図5 擬似自然石の揚力係数 (90度)

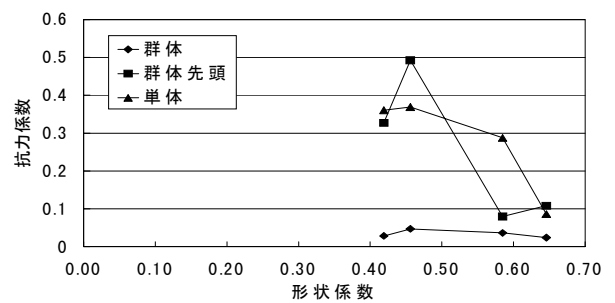


図6 形状による抗力係数の変化 (20m/s)

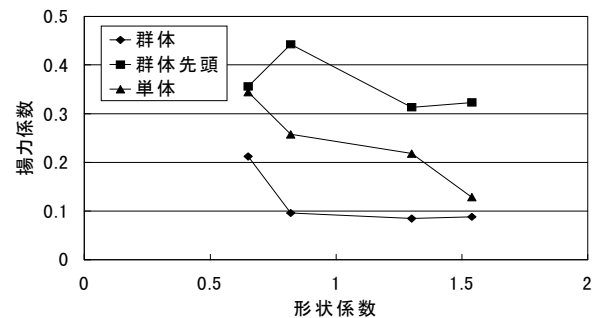


図7 形状による揚力係数の変化 (20m/s)

擬似自然石の抗力係数および揚力係数を示した。群体内部の石に働く流体力は前列の影響を受けるために大きく低減されることが示された。

擬似自然石の抗力係数および揚力係数の値は流れの角度によって変化し、高さに対して幅が大きくなるほど抗力係数が大きくなり、流下方向長さが幅に比べて長くなるほど揚力係数が小さくなる傾向があることを示した。