

建設省土木研究所 ○大場 章
建設省土木研究所 水山高久

1. 緒 論

砂防ダムや床固工の下流、流路工の護岸に沿う河床には、各種の根固ブロックが使用されている。しかし、ブロックの形状はかなり多様であるにもかかわらず、必要ブロック重量は抗力係数1.0、摩擦係数0.8のような一般的な値を用いて決定されているのが実状である。著者らは、個々のブロックの移動限界が単体、群体、固定床、移動床等の条件について、実験によって確かめられるべきであると考えている。初期には海岸の消波ブロックがそのまま根固ブロックとして導入されたが、最近では比較的突起の少ない形状のものが流路工用として考案される傾向にある。本研究は個々のブロックの安定性を比較しようとするものではなく、望ましい根固ブロックの形状を方向づけるとともに、実験的な安定性検証の手順を示すことを目的としている。

2. 模型ブロックの諸元と実験概要

実験に用いた模型は(株)技研興業から提供して頂いた六脚ブロック、ビーハイブと、比較のために用いた球形(ボール)と直方体(トーフ)のブロック

表-1 模型ブロックの諸元

(図-1)表-1に諸元を示す。相当粒径は同一体積の球の直径である。また、静止摩擦角は粒径1.7mmの砂粒をはりつけた板の上にブロックをのせ、これを傾けて滑り始めるまたは転動し始める角度として測定した。六脚に2つ値があるのは置き方による違いである。

	重量(g)	体積(cm ³)	高さ(cm)	相当粒径(cm)	単体重量	静止摩擦角(°)
ボール	320	140.5	6.0	6.4	2.28	11°
トーフ	320	143.7	3.3	6.5	2.23	42°
六脚	260	109.4	7.2	5.9	2.38	20° 30°
ビーハイブ	290	123.6	4.2	6.2	2.35	39°

移動限界の実験は、幅30cmの水路を用いて実施した。固定床の実験では、最大粒径5mmまでの混合砂を水路床にはりつけ、移動床の実験では、平均粒径1.70mmと8.62mmの2種類の混合砂(図-2)を敷いた。単体の移動限界は、水路の中央部に1個ブロックを置き、群体の移動限界はブロックの高さと同じせき板の下流に横4~5列、流下方向9~10列で一層、密に敷き並べ、流量を徐々に増加させて移動限界を調べた。

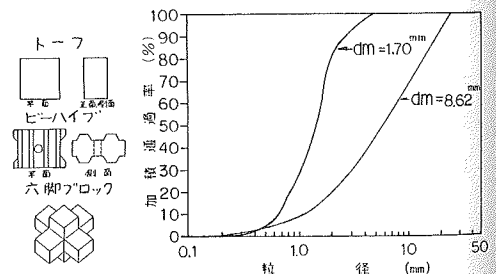


図-1 ブロック模型の形状 図-2 河床材料の粒度分布

3. 固定床における移動限界

固定床の実験は、水路を勾配を1/50として実施したが、ポンプの能力が20%であるので、群体ではトーフとビーハイブは移動しなかった。そこで、1/20まで勾配を急にして実験を

	水路勾配	ボール	トーフ	六脚	ビーハイブ
単体	1/50	4.5 (3.2cm)	8.5 (5.5)	7.5 (4.8)	9.5 (6.0)
群体	1/50	1.5 (4.1)	*	7.2 (6.4)	*
	1/20	—	19.5 (8.1)	—	10.5 (7.7)

() ; 水深, 米; 20%で移動せず

表-2 固定床での移動限界

追加した。表-2に結果を示す。単体ではボール、六脚、トーフ、ビーハイブの順に移動しやすい。これは表-1の静止摩擦角の違いからほぼ説明される。単体では、トーフ、ビーハイブはブロック全体が水中にあるのに対して、ボール、六脚では水位はブロックの半分程度で、水面に突出している。物体が水面上に突出している場合には、厳密には造波抵抗や、上下流の水位差による力も考慮しなければならない。ここでは、静止摩擦角を考慮した無次元掃流力で移動限界を表す。ただし、長さとしては相当粒径をとる。ボール、トーフ、六脚、ビーハイブはそれぞれ、 $\tau_{xc} \equiv \frac{U_{*c}^2 c}{(\rho_p - 1) g d_{block}} = 2.0437, 0.0153, 0.0204, 0.0177$ となり、ボールは相対水深が小さいために移動しにくくなっている他は、Egiazaroffの粒径別移動限界より少し小さいが類似した値となっている。一方、群体では、単体比べてボールはかなり移動しやすくなり、六脚はほぼ同じで、

ビーハイブ、トーフではかなり移動しにくくなっている。ボールが移動しやすいのは、群では水位が高くなりボール全体が水中にあるため、トーフ、ビーハイブが移動しにくいのは熱い効果によるものと考えられる。

4. 移動床における移動限界

移動床の実験は、水路勾配を $1/50, 1/20, 1/10$ に変化させて行なった。勾配による移動限界流量を図-3、4に示す。単体では、固定床の場合より少しずつ移動しにくくなっている。これは、ブロック周辺が洗掘されてブロックが河床に沈む傾向があるためで、ビーハイブ、トーフの河床材料が小さい場合に特に顕著に現れている。

群体では、固定床の場合に比べてボールでは移動しにくく、六脚、ビーハイブは同程度で、トーフは移動しやすくなっている。また、河床材料が小さくブロック群下流の局所洗掘が激しいと移動しやすくなり、単体の場合と異なる傾向となっている。

以上をまとめると、単体では、移動床で河床材料が小さくブロック周辺の洗掘が激しいほど移動しにくく、群体では、固定床または河床材料が大きくブロック群下流端の洗掘が小さいほど移動しにくい。この傾向は、平坦な形状のブロックに顕著である。かつ、突起の大きいブロックが主流であったが、最近突起の少ない比較的平坦なブロックが良く見られるようになってきたのはこの実験結果からもうなずける。しかし、ブロックの安定性のみを追求すると、平板で河床を覆うことになり、ブロック上の流速が速くなって自然河床との境界が急激な洗掘を受けることになりかねない。逆に流れを減速させることを主に考えると突起の大きいブロックを強ぶことになるが、抵抗が大きいということは大きな力を受けることを意味し、ブロックが移動してしまい危険性が高くなる。河床材料、周辺の状況に合わせて水理模型実験等により適切なブロックが選択されることが望ましい。

最後にブロック模型の提供を快諾頂いた(株)技研興業の関係者に謝意を表します。

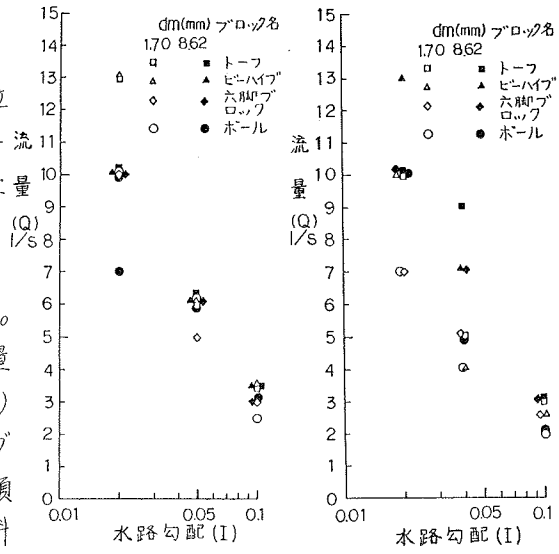


図-3 移動限界流量 (移動床単体) 図-4 移動限界流量 (移動床群体)