

# 袋体工の流れに対する応答特性と 設計上考慮すべき事項について

## THE HYDRAULIC CHARACTERISTICS OF BAG-TYPE GABIONS AGAINST FLOOD FLOW AND CONSIDERING ISSUES FOR THEIR HYDRAULIC DESIGN

高田保彦<sup>1</sup>・末次忠司<sup>2</sup>・諏訪義雄<sup>3</sup>・東高德<sup>4</sup>・平林桂<sup>5</sup>

Yasuhiko TAKADA, Tadashi SUETSUGI, Yoshio SUWA,  
Takanori HIGASHI and Katsura HIRABAYASHI

<sup>1</sup>正会員 (株)建設技術研究所 (〒300-2651 茨城県つくば市鬼ヶ窪 1047-27)

<sup>2</sup>正会員 工博 国土交通省 国土技術政策総合研究所 (〒305-0804 茨城県つくば市大字旭 1 番地)

<sup>3</sup>正会員 国土交通省 国土技術政策総合研究所 ( 同上 )

<sup>4</sup>正会員 独立行政法人 土木研究所 (〒305-8561 茨城県つくば市南原 1 番地 6)

<sup>5</sup>正会員 (株)サンポー (〒400-0111 山梨県中巨摩群竜王町竜王新町 2277-15 赤坂ソフトパーク)

Bag-type gabions are new-type gabions made of stones and chemical fiber nets. They have merits in flexibility and workability, so they are useful for foot protection works and temporary works. But their hydraulic characteristics are not always clear because their behaviors against flood flow are complicated. In this study, we carried out small-scale hydraulic model tests on some kinds of bag-type gabions, and observed their characteristics against flood flow: deformation pattern and critical tractive velocity etc. Moreover, through the full-scale hydraulic experiment on them, we measured the critical velocity and the tractive force at which stones in the net begin to move. And we could evaluate the hydraulic functions of bag-type gabions and listed up the issues to be considered for their design.

**Key words:** Bag-type gabion, chemical fiber net, characteristics against flood flow, interruption effect, critical tractive velocity, critical tractive force, deformation pattern

### 1. はじめに

袋体工は、化学繊維で網状に製作した袋材の中に中込材(玉石や割栗石等)を充填する工法であり、河川護岸および橋脚等の根固め工に用いられている。この工法の特長は、①プレキャスト化の長所である施工時の効率性を確保している、②中込材としてコンクリートガラなどの建設副産物を使用することにより、リサイクルとして利用できる、③袋材の大きさにより、1袋当たりの重量調整が容易であり、根固め工、護床工、水防用緊急資材等多目的に使用することができる、④充填する骨材として、現地発生材を使用することができ、材料の調達が容易である、⑤水中施工が可能であり、通年施工でき工期の短縮が図れる、⑥特殊な専門技術を必要とせず、機械化施工が可能で省力化が図れる、⑦洗掘が進行して根固め工が変形しても、容易に補充することができる、⑧屈とう性があり、河床変動に追従できるため、軟弱地盤でも対応できる、などが挙げられる<sup>1)</sup>。適用河川としては、流速

3.5m/s 以下(文献によっては 5m/s 以下<sup>2)</sup>)とされており、人頭大の玉石等が存在する河川では洪水時に転石等が袋材に衝突し、損傷や摩耗によって破断するおそれがあるので、十分な検討を要するとされている<sup>3)</sup>。流速に関する適用限界は、標準的な中込材の移動限界掃流力を目安に決めており、異型ブロック<sup>4)</sup>のように移動限界を求める水理実験結果に基づいて決定されているわけではない。

耐久性等については、土木系材料技術・技術審査証明にあたって、強度特性、耐久性、耐燃焼性など様々な試験が行われており<sup>5)</sup>、ある程度の信頼性は期待できると考えられるが、実際河川に施工された後の長期間にわたるフォローアップ調査データが十分に蓄積されていない<sup>6)</sup>ため、自信を持って適用限界を設定するには至っていない。

以上のように、袋体工の適用限界をより適切に評価するためには、変形、移動、流出に至る袋体工の流れに対する応答特性を明らかにするとともに、現地河川におけるフォローアップ調査を積み上げていく必要が

ある。

類似した構造物に鉄線かご工があり、その流れに対する応答特性は、水理実験等により明らかにされている<sup>7)8)9)</sup>。鉄線かご工は、ある程度以上の掃流力が作用すると中込材が移動を開始し（状態Ⅱ）、さらに掃流力が大きくなると中込材が下流に偏り金網を变形させる（状態Ⅲ）。平林<sup>10)</sup>らは、鉄線かごにおける金網の役割について、かご工上面に作用する掃流力の一部を金網が分担することによって中込材に作用する流体力を小さくする掃流力分担効果と流体力によって浮き上がりかけた中込材を金網が押さえつける押さえ込み効果があると述べている。この知見をもとに、袋体工の応答特性を考えてみると、袋材には掃流力分担効果は期待できるものの、押さえ込み効果は期待できないと考えられ、鉄線かご工よりも流出しやすいと推定される。

以上の推定を念頭に置きながら、本研究では、袋体工について縮小水路実験や実物大水理実験を行い、袋体工の流れに対する応答特性を把握するとともに、鉄線かご工のそれと比較した。その結果をもとに、袋体工の水理的評価を行い、設計上考慮すべき事項を整理した。

## 2. 縮小水路実験

### (1) 実験の概要

単体で置かれた袋体工の流れに対する基本的な応答特性を調べるために、縮尺 1/8～1/20 の袋体工の縮小模型を作成し、水路実験を行った。

実験に用いた袋体工の模型は、表-1 に示す 17 種類である。表には、縮尺、重量、中込材粒径、袋体工の大きさ、袋材の諸元について模型値と現地換算値の両方を示してある。形状は、図-1 のような丸型、箱型の2種類であり、重量は、丸型については現地換算で0.6～2tf までの3種類、箱型については1.4tf 1種類、中込材粒径は、現地換算で5cm～20cm の3種類について行った。袋材は、箱型については1種類、丸型については市販の網材4種類について行った。なお、代表的な袋体工の模型を写真-1 に示す。

実験は幅 0.5m 又は 1.0m の水路床の上に袋体工模型を単体で置いて流量を段階的に増加させながら通水し、袋体工模型の変形状況や流出形態等を観察した。また、変形や流出などが生じた時の流速を、袋体工設置個所の水深と流量から求めた。以下数値はすべて現地換算値を用いる。

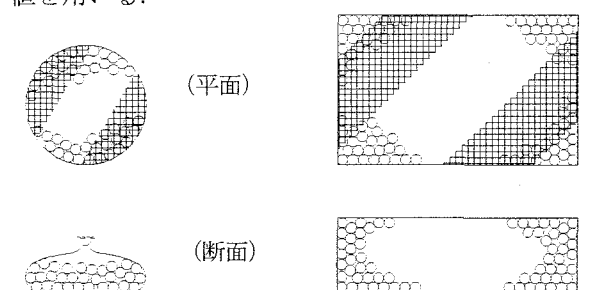


図-1 袋体工の形状

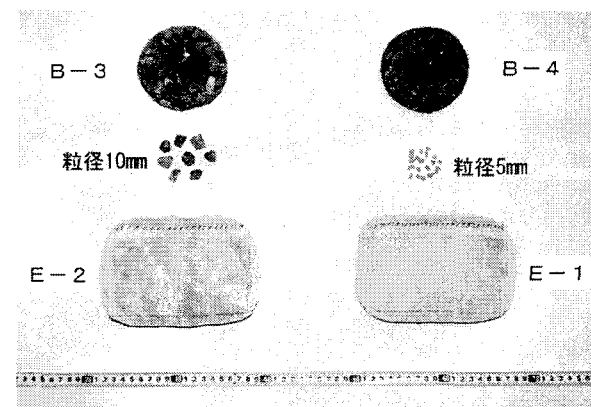


写真-1 袋体工の模型（縮小水路実験）

表-1 袋体工の種類と諸元

| 形 状        | 種類  | 模型<br>実物値 | 縮尺        | 重量          |             | 中込材径        | 袋体大まき    |                                         |                                     | 袋材寸法        |          |          |          | 流速率<br>(%) | 移動流速(m/s)<br>(実物換算)  |             |
|------------|-----|-----------|-----------|-------------|-------------|-------------|----------|-----------------------------------------|-------------------------------------|-------------|----------|----------|----------|------------|----------------------|-------------|
|            |     |           |           |             |             |             | 直径       | 高さ                                      | 厚さ                                  | 幅           | 目合い      | 目合い      | 目合い      |            |                      |             |
| 丸 型        | A-1 | 模型<br>実物値 | 1/20      | 75<br>0.6   | gf<br>tonf  | 5<br>10     | mm<br>cm | 8<br>1.6                                | cm<br>m                             | 2<br>0.4    | mm<br>mm | 1<br>2   | mm<br>cm | 10         | 3.9                  |             |
|            | A-2 | 同上        | 同上        | 同上          | 同上          | 10          | mm       | 20                                      | cm                                  | 同上          | 同上       | 同上       | 同上       |            | 3.9                  |             |
|            | A-3 | 同上        | 同上        | 150<br>1.2  | gf<br>tonf  | 5<br>10     | mm<br>cm | 同上                                      | 同上                                  | 同上          | 同上       | 同上       | 同上       |            | 4.3                  |             |
|            | A-4 | 同上        | 同上        | 同上          | 同上          | 10          | mm       | 20                                      | cm                                  | 同上          | 同上       | 同上       | 同上       |            | 4.2                  |             |
|            | B-1 | 模型<br>実物値 | 1/20      | 75<br>0.6   | gf<br>tonf  | 10<br>20    | mm<br>cm | 6.8<br>1.36                             | cm<br>m                             | 1.5<br>0.3  | mm<br>mm | 4<br>8   | mm<br>cm | 6          | 3.1                  |             |
|            | B-2 | 同上        | 同上        | 150<br>1.2  | gf<br>tonf  | 10<br>20    | mm<br>cm | 8<br>1.6                                | cm<br>m                             | 2.5<br>0.5  | mm<br>mm | 同上       | 同上       |            | 3.6                  |             |
|            | B-3 | 同上        | 同上        | 250<br>2    | gf<br>tonf  | 5<br>10     | mm<br>cm | 10<br>2                                 | cm<br>m                             | 2.5<br>0.5  | mm<br>mm | 同上       | 同上       |            | 3.8                  |             |
|            | B-4 | 同上        | 同上        | 同上          | 同上          | 5           | mm       | 10                                      | cm                                  | 2.5         | mm       | 同上       | 同上       |            | 3.8(半回転)<br>3.8(回転後) |             |
|            | B-5 | 模型<br>実物値 | 1/10      | 2<br>0.6    | kgf<br>tonf | 10<br>5     | mm<br>cm | 15.5<br>3.1                             | cm<br>m                             | 9<br>0.9    | mm<br>mm | 2<br>2   | mm<br>cm | 8          | 4.7(回転後)             |             |
|            | C-1 | 同上        | 同上        | 同上          | 同上          | 5           | mm       | 13.5                                    | cm                                  | 4           | mm       | 0.15     | mm       |            | 2.9                  |             |
|            | C-2 | 同上        | 同上        | 同上          | 同上          | 5           | mm       | 17.5                                    | cm                                  | 0.4         | mm       | 1.5      | mm       |            | 4.4                  |             |
|            | C-3 | 同上        | 同上        | 同上          | 同上          | 5           | mm       | 17.5                                    | cm                                  | 0.5         | mm       | 同上       | 同上       |            | 4.4(半回転)<br>4.5(回転後) |             |
|            | D-1 | 模型<br>実物値 | 1/8       | 1.7<br>0.6  | kgf<br>tonf | 12.5<br>10  | mm<br>cm | 1.8<br>3.6                              | cm<br>m                             | 5.5<br>0.44 | mm<br>mm | 2.5<br>2 | mm<br>cm | 21         | 2.6                  |             |
|            | D-2 | 同上        | 同上        | 2.34<br>1.2 | kgf<br>tonf | 10<br>5     | mm<br>cm | 19<br>3.8                               | cm<br>m                             | 同上          | 同上       | 同上       | 同上       |            | 3.1                  |             |
|            | D-3 | 同上        | 同上        | 3.9<br>2    | kgf<br>tonf | 同上          | mm<br>cm | 20<br>4                                 | cm<br>m                             | 8<br>0.72   | mm<br>mm | 同上       | 同上       |            | 4.3                  |             |
|            | 箱 型 | E-1       | 模型<br>実物値 | 1/10        | 1.4<br>1.4  | kgf<br>tonf | 5<br>10  | mm<br>cm                                | B16cm×L16cm×Z25cm<br>B1m×L16m×Z0.5m |             |          | 0.2<br>2 | mm<br>mm | 1<br>1     | mm<br>cm             | 40<br>(2重網) |
| E-2        |     | 同上        | 同上        | 同上          | 同上          | 同上          | 同上       | 同上                                      | 同上                                  | 同上          | 同上       | 同上       | 同上       |            |                      |             |
| 異形<br>ブロック | F-1 | 模型<br>実物値 | 1/8       | 3.9<br>2    | kgf<br>tonf | -<br>-      | mm<br>cm | 1辺6.25cm 高さ17.5cm<br>1辺10.0cm 高さ14cm    |                                     |             | 同上       |          |          | -          | <4.9>                |             |
|            | F-2 | 同上        | 同上        | 同上          | 同上          | -           | mm<br>cm | B18cm×L18cm×Z11cm<br>B14cm×L14cm×Z0.8cm |                                     |             | ---      |          |          | -          | <5.3>                |             |
|            | F-3 | 同上        | 同上        | 5.27<br>2.7 | kgf<br>tonf | -<br>-      | mm<br>cm | B17cm×L17cm×Z8cm<br>B14cm×L14cm×Z0.6m   |                                     |             | ---      |          |          | -          | <5.9>                |             |
|            | F-4 | 長方形型      | 同上        | 同上          | 同上          | -           | mm<br>cm | 同上                                      |                                     |             | ---      |          |          | -          | <5.9>                |             |

※<>値は袋体工高、ブロック高以下の水深時。

## (2) 袋体工の形状別の変形・移動パターン

### 丸型袋体工

丸型袋体工は転動によって移動・流出するが、中込材の粒径によって変形・移動パターンが異なる。粒径が小さい場合には図-2のように、中込材が下流に移動して上流面が斜めになるとともに、上部が持ち上がり三角形に変形する。この時、上流面の中込材が激しく混合している状況が見られる場合もある。袋材(特に結び目)が下流に傾き、結び目が河床に着いて袋体上面まで完全に水没すると袋体工に作用する流体力がさらに増し、袋体工上流部を持ち上げるように変形する。流出限界流速に達すると半回転又は1回転して流出する。

粒径が大きい場合には、中込材の移動がないため、袋体工全体の変形がなく、袋体工上流部が持ち上がるのと同時に転動して流出する。

### 箱型袋体工

箱型袋体工は袋体工上流部が持ち上がり、滑動によって移動・流出する。また、丸型と同様に中込材の大きさによって袋体上流部の持ち上がり方が異なる。粒径が小さい場合には、図-3のように袋体工上流部が持ち上がり、袋体工底面がそりかえる。この時、流れが強い場合には袋体工上流面の中込材の一部が下流に移動して上流面が斜めに変形する。上流部が持ち上がったことにより、流れに対する投影面積が大きくなるとともに、底面沿いに流れが回って浮かせようとする流体力が増す。流速が増していくと、袋体工全体が振動するようになり、流出限界流速に達すると滑動・流出する。

中込材の粒径が大きい場合には、中込材の一部が移動する現象や、袋体工全体がしなる状況は見られない。流速が大きくなると袋体工下流端底面を支点にして袋体工上流部が持ち上がる。このため、流れに対する投影面積の増加と底面に流れがまわるため浮かせようとする流体力が増加するとともに、底面との摩擦力が減少し、滑動・流出する。

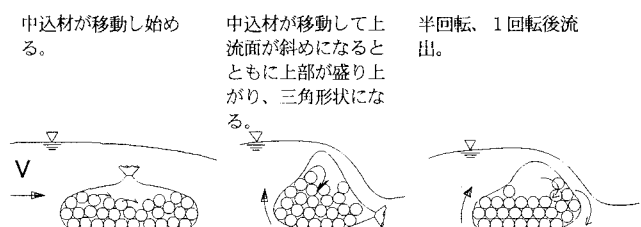


図-2 丸型袋体工の転動（小粒径の場合）



図-3 箱型袋体工の滑動（小粒径の場合）

## (3) 流出限界流速と中込材粒径の影響について

図-4は、袋体工の袋体重量と流出時の流速（流出限界流速）の関係を示したものである。図中の実線枠で示したものは袋材・袋体重量が同じで中込材粒径が異なるものであり、破線枠で示したものは袋体重量が同じであるものの袋材の種類が異なるものである。

図-4から、袋体工の流出限界流速は袋体重量の増加に伴って増加することがわかる。また、袋体重量と袋材の種類が同じであれば、中込材の粒径が違っていても流出限界流速はほとんど同じである。ただし、(2)の移動パターンで述べたように、中込材粒径が小さい場合には、図中の丸型(イ)、箱型(ロ)のように、流速の小さい段階で袋体工自体に変形が生ずる。例えば、丸型 B-4 では流速 3.3m/s で半回転し、3.9m/s で流出する。箱型 E-1 では流速 4.3m/s で袋体工がしなり始め、4.8m/s で流出する。箱型は丸型に比較して流出限界流速が大きい。

袋材模型の種類が異なると、袋体重量や中込材粒径が同じでも流出限界流速は大きく異なる。また、実験水路によっても流出限界流速は変わる。この原因が袋材と河床の摩擦抵抗の違いによるのか、袋材に作用する流体力の違いによるのか、袋材の柔軟性の違いによるのか、流れの状態の違いによるのかは明らかでない。

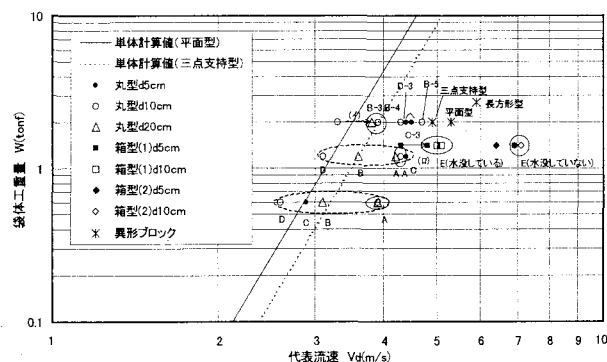


図-4 袋体工重量と流出限界流速の関係

## (4) 異形ブロックとの比較

異形ブロックの必要重量と比較するため、図-4に代表流速  $V_d$  とブロック重量  $W$  の関係を示した。必要重量はブロック単体条件について(1)式より求めた<sup>11)</sup>。計算対象としたブロックは平面型ブロック(計算定数  $a=0.54 \times 10^{-3}$ ,  $\beta=1.0$ )と三点支持型( $a=0.45 \times 10^{-3}$ ,  $\beta=1.0$ )の2種類である。

$$W = a \left( \frac{\rho_w}{\rho_b - \rho_w} \right)^3 \frac{\rho_b}{g^2} \left( \frac{V_d}{\beta} \right)^6 \quad (1)$$

図-4 から、袋体工の流出限界流速は同等重量の異形ブロックと同程度、もしくはやや大きい。また、流出限界流速と重量の関係（図-4 の傾き）についても異形ブロックと同じである。

3種類（三点支持型、平面型、長方形型）の異形ブロックについて、袋体工の実験と同じ水路で単体条件の流出限界流速を求める実験を行ったところ、図-4 に示すとおり、(1)式による計算値よりも大きかった。これは、通水時の水深がブロック高まで達していないためと考えられる。実験結果同士を比較すると、袋材の種類によって異なるが、同じ重量であれば、袋体工の流出限界流速は、異形ブロックより小さいかほぼ同じと評価できる。

3. 実物大水路実験

(1) 実験概要

1. で述べたように、袋体工は袋材に掃流力分担効果は期待できるものの、金網のような押さえ込み効果は期待できないと考えられるため、鉄線かご工に比べて中込材の移動、袋体工の変形が起こりやすいと予想される。実物大水路実験では箱型構造の袋体工の流れに対する応答特性を調べる実験を行い、かごマット工のそれと比較した。

実験に用いた袋体工諸元は幅 1.0m×長さ 1.6m×高さ 0.5m で中込材には 5～15cm の割栗石を詰めた。袋材は線径 2mm、目合い 25mm×25mm の化学系繊維で 2 重の網状に製作した。掃流力分担効果に関連が深いと考えられる袋材の遮蔽率（＝流れの方向から見た袋体工上面の袋材面積の総和／袋体工上面積）は 16.1% であり、かごマット工の金網の遮蔽率とほぼ同じである。

実験は、鉄線かご工について行われた参考文献 8)、9)の実験と同じ方法で行っている。高流速用にゲートアンダーフロー操作で最大 7.6m/s までの流速（水深約 20cm）を発生できる水路のピットに袋体工上面が水路床と一致するように設置し、流速を段階的に上げて通水した。通水時の水面形と流速の鉛直分布を測定し、通水後に中込材の移動状況、袋材の変形状況を調べた。データ整理にあたっては、流速は鉛直流速分布の最大流速で整理し、掃流力は鉛直流速分布に対数則を仮定して摩擦速度を算出し、 $\tau = \rho \cdot U_*^2$  から求めた。

(2) 実験結果

① 中込材の移動限界

表-2 は中込材の粒径別（小、中、大）にペイント（ピンク、オレンジ、グリーン）し、通水段階ごとに中込材の移動状況を判定したものである。表-2 には、中込材移動開始前後の通水段階における最大流速、摩擦速度  $U_*$ 、相当粗度  $k_s$ 、中込材の無次元掃流力  $\tau_*$  を示

してある。同じ実験を、中込材のみ、同じ中込材を用いたかごマット工についても行っており、その結果を表-3、表-4 に示す。この結果、中込材の移動が多くなる無次元掃流力  $\tau_*$  は、中込材の場合で 0.05、袋体工の場合で 0.06、かごマット工の場合で 0.30 となっており、かごマット工の場合のみ極端に大きい。一方、その時の最大流速を見ると、中込材のみが 2.3～2.4m/s、袋体工が 5.0m/s、かごマット工が 5.0～5.5m/s となっており、中込材の場合だけが極端に小さい。このような結果になった原因は、表面の相当粗度  $k_s$  の変化による。中込材の場合、かごマット工の場合にはそれぞれ、 $k_s=14\text{cm}$ 、 $6.4\sim9\text{cm}$  であったものが、袋体工になると  $k_s=0.13\sim0.2\text{cm}$  と極端に小さくなる。

表-2 箱型袋体工内の割栗石の移動状況判定  
(実物大水路実験、割栗石 5～15cm)

| 割栗石<br>(ペイント)                                     | H-1                                                    | H-2                         | H-3                         | H-4                         | H-5                         | H-6                         | H-7                         | H-8                         | H-9                         | 備考<br>割栗石配置                                        |
|---------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|----------------------------------------------------|
| P<br>(ピンク)<br>粒径5～8cm<br>程度                       | NO.1<br>2<br>3<br>4<br>5<br>6<br>7<br>8<br>9<br>10     |                             |                             |                             | ○                           | △                           | △                           | △                           | △                           | 上流<br>上流<br>上流<br>上流<br>上流<br>上流<br>上流<br>上流<br>上流 |
| Y<br>(オレンジ)<br>粒径6～10cm<br>程度                     | NO.1<br>2<br>3<br>4<br>5<br>6<br>7<br>8<br>9<br>10     |                             |                             |                             | ○                           | △                           | △                           | △                           | △                           | 上流<br>上流<br>上流<br>上流<br>上流<br>上流<br>上流<br>上流<br>上流 |
| G<br>(グリーン)<br>粒径8～15cm<br>程度                     | NO.1<br>2<br>3<br>4<br>5<br>6<br>7<br>8<br>9<br>10     |                             |                             |                             | ○                           | △                           | △                           | △                           | △                           | 上流<br>上流<br>上流<br>上流<br>上流<br>上流<br>上流<br>上流<br>上流 |
| ※評価凡例<br>△: 回転及び僅かなズレ移動状態<br>○: 転動及び滑動状態<br>△: 流出 |                                                        |                             |                             |                             |                             |                             |                             |                             |                             |                                                    |
| 中込材の移動状況                                          | 状態 I (移動しない) 状態 II (移動するが顕著な変化なし) 状態 III (移動して顕著な変化あり) |                             |                             |                             |                             |                             |                             |                             |                             |                                                    |
| 水理特性量                                             | Vmax(m/s)<br>U*(m/s)<br>Ks(cm)<br>$\tau_*$             | 3.8<br>2.75<br>0.2<br>0.057 | 4.0<br>2.75<br>0.2<br>0.057 | 4.7<br>2.75<br>0.2<br>0.057 | 5.0<br>2.75<br>0.2<br>0.057 | 5.5<br>2.75<br>0.2<br>0.057 | 6.0<br>2.75<br>0.2<br>0.057 | 6.5<br>2.75<br>0.2<br>0.057 | 7.0<br>2.75<br>0.2<br>0.057 | 7.5<br>2.75<br>0.2<br>0.057                        |

表-3 割栗石のみ（網なし）の移動状況判定  
(割栗石 5～15cm)

| 割栗石<br>(ペイント)                                     | 4-3(1)                                                 | 4-3(2)                        | 4-3(3)                        | 4-3(4)                         | 4-3(5)                         | 備考<br>割栗石配置                                              |
|---------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|----------------------------------------------------------|
| P<br>(ピンク)<br>粒径5～10cm<br>程度                      | NO.1<br>2<br>3<br>4<br>5<br>6<br>7<br>8<br>9<br>10     |                               |                               | △                              | △                              | 中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央 |
| G<br>(グリーン)<br>粒径10～15cm<br>程度                    | NO.1<br>2<br>3<br>4<br>5<br>6<br>7<br>8<br>9<br>10     |                               |                               | ○                              | ○                              | 上流<br>上流<br>上流<br>上流<br>上流<br>上流<br>上流<br>上流<br>上流<br>上流 |
| ※評価凡例<br>△: 回転及び僅かなズレ移動状態<br>○: 転動及び滑動状態<br>△: 流出 |                                                        |                               |                               |                                |                                |                                                          |
| 中込材の移動状況                                          | 状態 I (移動しない) 状態 II (移動するが顕著な変化なし) 状態 III (移動して顕著な変化あり) |                               |                               |                                |                                |                                                          |
| 水理特性量                                             | Vmax(m/s)<br>U*(m/s)<br>Ks(cm)<br>$\tau_*$             | 1.61<br>0.229<br>16.5<br>0.04 | 1.91<br>0.229<br>16.5<br>0.04 | 2.27<br>0.256<br>14.0<br>0.049 | 2.44<br>0.274<br>14.0<br>0.057 | (3.7)<br>推定値                                             |

表-4 かごマット工内の割栗石の移動状況判定  
(割栗石 5～15cm)

| 割栗石<br>(ペイント)                | 2-1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 2-2 | 2-3 | 2-4 | 2-5 | 2-6 | 2-7 | 2-8 | 2-9 | 2-10 | 2-11 | 備考<br>割栗石配置                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| P<br>(ピンク)<br>粒径5～10cm<br>程度 | NO.1<br>2<br>3<br>4<br>5<br>6<br>7<br>8<br>9<br>10<br>11<br>12<br>13<br>14<br>15<br>16<br>17<br>18<br>19<br>20<br>21<br>22<br>23<br>24<br>25<br>26<br>27<br>28<br>29<br>30<br>31<br>32<br>33<br>34<br>35<br>36<br>37<br>38<br>39<br>40<br>41<br>42<br>43<br>44<br>45<br>46<br>47<br>48<br>49<br>50<br>51<br>52<br>53<br>54<br>55<br>56<br>57<br>58<br>59<br>60<br>61<br>62<br>63<br>64<br>65<br>66<br>67<br>68<br>69<br>70<br>71<br>72<br>73<br>74<br>75<br>76<br>77<br>78<br>79<br>80<br>81<br>82<br>83<br>84<br>85<br>86<br>87<br>88<br>89<br>90<br>91<br>92<br>93<br>94<br>95<br>96<br>97<br>98<br>99<br>100 |     |     |     |     |     |     |     |     |      |      | 上流<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br>中央<br> |

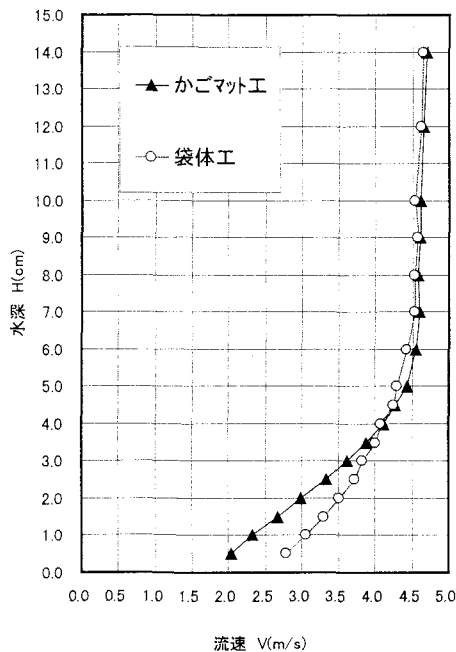


図-5 鉛直流速分布比較図

これは、図-5 の流速分布にもよく表れており、かごマット工の流速分布は緩やかになっている。

以上まとめると、袋体工は中込材の移動限界掃流力を高める効果はほとんどないが、袋材が中込材を覆うことにより表面の相当粗度を小さくし、上面に作用する掃流力を小さくする効果があることがわかる。一方、かごマット工は、表面の相当粗度はほとんど変化しないが、掃流力分担効果と押さえ込み効果によって移動限界掃流力を高める。結果的には、中込材が移動し始める最大流速は袋体工も、かごマット工も変わらない。袋体工が表面の相当粗度を小さくする効果は、金網の目合いを中込材粒径と同程度にする鉄線かご工では見られなかった効果であり、これを袋材の遮蔽効果と呼ぶことにする。また、袋体工の場合と中込材のみの場合で、中込材の移動限界掃流力があまり変わらないということは、袋材の掃流力分担効果は小さいと考えられる。ただし、移動限界掃流力を上回った後の、中込材の移動量は、袋体工の方が圧倒的に少ない。これは、袋材の掃流力分担効果が中込材の移動限界掃流力ではなく、中込材の移動個数に表れているためと考えられる。

## ②変形特性について

中込材の移動及び袋材の変形経過を図-6 に示す。

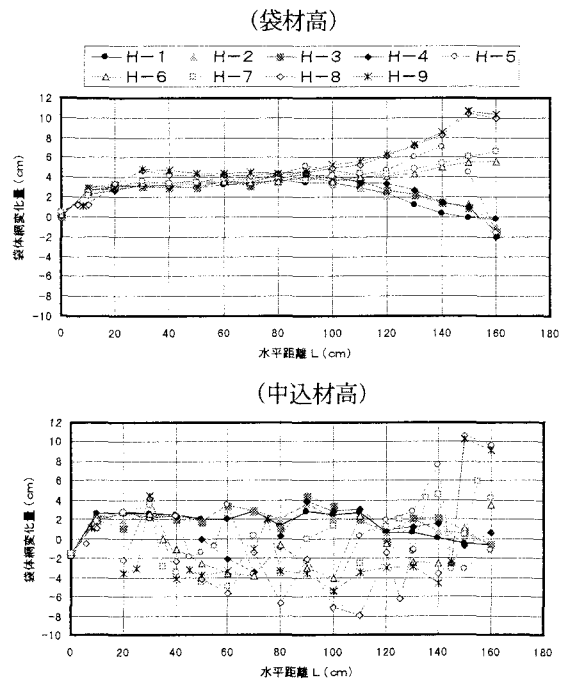


図-6 袋体工の変形量

また、中込材の移動による洗掘深、袋材の変形量の流速増加に伴う経過を図-7 に示す。図-7 には袋体工に加えてかごマット工の洗掘量、変形量を示した。中込材洗掘深は、かごマット工の方が大きい、金網もしくは袋材変形量はほぼ同じであった。

図-6 からわかるように、袋体工の場合には、移動した中込材が下流端に貯まり、袋材変形量も下流端が最も大きくなる。鉄線かご工の場合の変形状況とは大きく異なる。また、下流に貯まった中込材がピット下流端のコンクリート面に支えられている状況が見られ、実際に群状態で設置した場合は変形状況が異なっている可能性が高い。

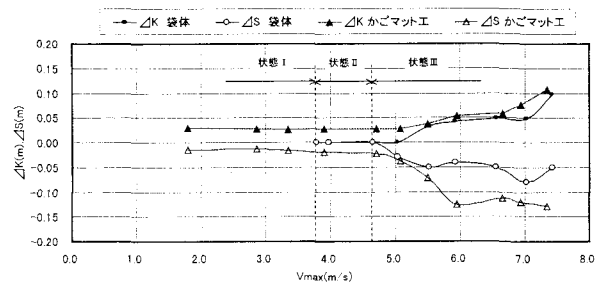


図-7 袋体工とかごマット工の変形特性比較図

#### 4. 結論

以上まとめると次のようになる。

- ① 流れの中に単体で置かれた袋体重量と流出限界流速の関係(図-4)が得られた。
- ② 袋体重量, 袋材種類, 形状が同じであれば, 中込材の粒径を変えても袋体工の流出限界流速はほとんど変わらない。
- ③ 中込材粒径を小さい場合には, 流出限界流速より小さい流速で上流面の中込材の混合・移動と変形が起こる。しかし, 袋体工全体が流出には至ることはなく, 粘りを発揮する。
- ④ 丸型袋体工は転動によって流出し, 箱型袋体工は滑動によって流出する。
- ⑤ 単体における袋体工の流出限界流速は, 同じ重量の異形ブロックより小さいか同程度と評価される。
- ⑥ 袋体工の流出限界流速は, 同じ袋体重量であっても袋材の種類によって異なる。
- ⑦ 袋体工とかごマット工の中込材移動限界流速は, 中込材のみの場合に比較して大きくなる。同じ割栗石の中込材を用いれば, 両者の中込材移動限界流速はほとんど同じである。
- ⑧ しかし, 中込材移動限界流速を高める両者の機構は大きく異なる。かごマット工の場合には金網が掃流力分担効果と押さえ込み効果を発揮して, 中込材の移動限界掃流力を増加させる。袋体工の場合には, 袋材が表面の相当粗度を小さくする遮蔽効果を発揮し, 袋体工上面に作用する掃流力を減少させる。
- ⑨ したがって, 袋体工の中込材粒径について, 移動が起こらないよう設計する場合には, 中込材の無次元掃流力  $\tau_* \leq 0.05$  を用いればよいが, 袋材の遮蔽効果を見込んで掃流力(摩擦速度)を算出する必要がある。

また, 袋体工の設計法を確立していくための課題として, 次の事項が残る。

- ・ 袋体工の設計想定として, 中込材が混合・移動する状況を許容しないのか, 流出さえ起こらなければ良いとするのか, 整理する必要がある。
- ・ 袋材の種類によって流出限界流速が変化するが, これが袋材のどの性質によるのかを明らかにした上で袋材の評価・袋体工の設計に反映させる必要がある。
- ・ 群状態で設置した場合の袋体工の流れに対する応答特性が明らかでないので, 今後水理実験等により明らかにしていく必要がある。
- ・ 現地における長期間のフォローアップ調査データを収集し, 耐久性等を含めた総合評価を行い, 袋体工の適用限界を整理していく必要がある。

謝辞: 本研究に際し, 袋材を提供していただいた前田工織(株), 小浜製綱(株), ナカダ産業(株)各社の関係諸氏の方々に深謝する次第である。

#### 参考文献:

- 1) アドバンス No3, (財)先端建設技術センター, 1995. 12
- 2) 社団法人全国防災協会: 美しい山河を守る災害復旧基本方針, 2000年7月
- 3) (財)先端建設技術センター: 袋型根固工の設計施工技術 マニュアル(案), ACTEC 技資第 97502 号, 平成 8 年 3 月
- 4) 山本晃一: 日本の水制, 山海堂, 1996 年 1 月
- 5) (財)土木研究センター: 袋型根固め工用袋材キョーワ式フィルターユニット I 型・II 型, 民間開発建設技術の技術審査・証明事業認定規定に基づく土木系材料技術・技術審査証明報告書第 1003 号, 平成 10 年 4 月, 袋型根固め工法用袋材「サンクネット B 型」, 同第 1015 号, 平成 11 年 3 月
- 6) 建設省土木研究所: 九州地建における一日土研資料, 土木研究所資料第 3673 号, pp145~147, 1999.10.28
- 7) Office Maccaferri S.p.A: Flexible linings in Reno mattress and gabions for canals and canalized water courses, Chapter III, pp37~46, 1985
- 8) 藤田光一, 諏訪義雄, 東高德, 平林桂: 流れによる変形特性に着目した新しいふとんかご設計の試み, 河川技術に関する論文集, 第 6 巻, pp357~362, 2000.6
- 9) 末次忠司, 諏訪義雄, 東高德, 平林桂: 流れに対する応答特性に着目した既往かごマット工と剛性の強い金網を用いた小粒径かご工の評価, 河川技術に関する論文集, 第 7 巻, 2001.6
- 10) 平林桂, 望月達也, 藤田光一: 河床上の球体に作用する流体力の時間変動および球体の運動解析, 水工学論文集, 第 41 巻, pp723~728, 1997. 2
- 11) (財)国土開発技術研究センター: 護岸の力学設計法, pp106~111, 山海堂, 1999

(2001. 4. 16 受付)