

## II-429 礫間接触水路におけるカオリンによる沈降特性試験

東洋建設㈱ 正員 田中裕作 清水建設㈱ 正員 毛利光男  
 ㈱本間組 田中修 三井不動産建設㈱正員 安松一平  
 若築建設㈱ 正員 上原功 運輸省港湾技研 正員 細川恭史

## 1. はじめに

富栄養化の進んだ閉鎖性内湾における水質浄化工法の開発を目的として、大型水路を用いて礫間接触浄化の実験を実施した。礫層による濁質の除去には、本来礫間内での沈澱の他に抑留物や生物膜による吸着などが作用しているが、本試験では「沈澱」のみに着目し、礫充填層を図-1のような理想的沈澱池が多層化した多層沈澱池として扱う。ここでは、海水中の濁質は沈澱池の各層を通過して行く際に、沈澱・除去される。本報ではこの多層構造における1層の平均水深を「見掛けの沈澱池深さ」と呼び、大型の実験水路において、礫間接触水路の「見掛けの沈澱池深さ」を実験的に求め、濁質の沈澱効率を把握することを目的とする。

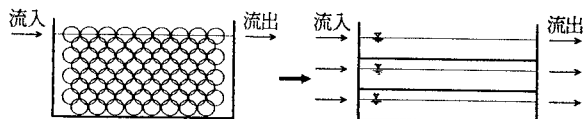


図-1 礫充填層の多層モデルとしての考え方

## 2. 実験方法

(1) 沈降筒によるカオリン懸濁液の沈降試験：カオリン懸濁液の沈降速度分布を求めるため、2ℓメスシリンダーを沈降筒として使い、室内沈降試験を行った<sup>1)</sup>。カオリンを60mg/ℓの濃度で海水中に十分に懸濁させ、10本の沈降筒に入れて静置し、一定時間毎に上部70%と下部30%に分けて採水した試料のSSを測定した。また、ユルター-カッター法によって懸濁液の粒度分布を測定した。

(2) 水路へのカオリン投入試験：試験は幅1m、深さ1.2m、長さ30mで、表-1に示すように礫径の異なる5本の水路で行った。試験は表-1の条件によって約1年間の通水により礫間に濁質を抑留した状態で行った。試験では流量を一律13.2m³/hr（滞留時間約1時間）に設定し、曝気により十分攪拌した流入ピットにカオリン懸濁液を投入し、距離4m、7.5m、15mの各採水ピットでSSおよび濁度の時間変化を測定した。なお、礫の粒度分布を図-2に示す。

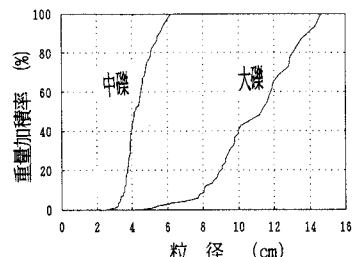


図-2 礫の粒度分布

## 3. 実験結果および考察

(1) 沈降筒によるカオリン懸濁液の沈降試験：沈降試験における沈降筒内の上澄水および下部水のSSの経時変化を図-3に示す。この結果よりカオリン懸濁液の沈降速度分布を求めた。沈降速度 $\omega$ を持つ粒子の質量分率を $f(\omega)$ とすると、沈降距離0~L区間において経過時間 $t$ における濃度 $C$ 、初期濃度 $C_0$ について以下の式が成り立つ。

$$C/C_0 = \frac{d(C/C_0)}{d(\ln t)} = \int_0^L f(\omega) d\omega$$

このように求めたカオリン懸濁液の沈降速度分布と、粒度分布よりストークス式によって計算した沈降速度分布を比較すると、図-4のように沈降速度が $10^{-4}$ m/sec以下の領域で、沈降筒試験結果のほうが小さい沈降速度を示した。

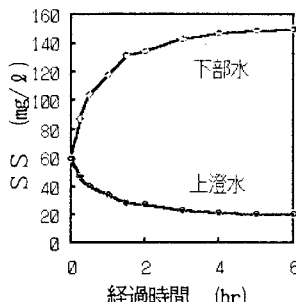


図-3 沈降筒試験SSの経時変化

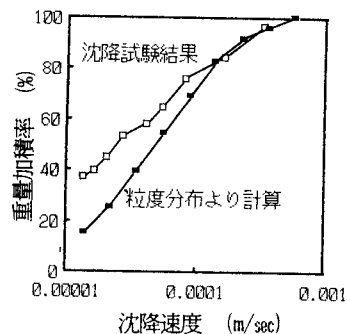
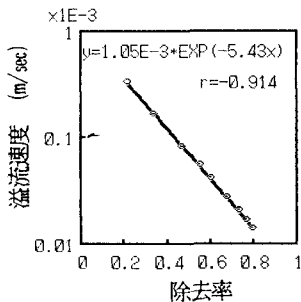


図-4 沈降速度加算曲線

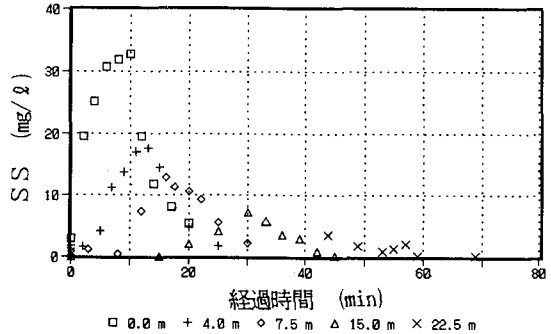
(2) 水路へのカオリン投入試験：懸濁粒子の沈降速度分布が既知の場合の粒子除去率  $R$  (%) は、次式によって計算できる。 $R = (100 - P_t) + \frac{100}{u} \int_0^{P_t} \omega dp$

ここで、 $P$ ：懸濁粒子の累計通過重量の百分率  
 $P_t$ ：溢流速度  $u$  に相当する沈降速度を持つ粒子の累計通過重量  
 $u$ ：溢流速度 = 処理水量  $Q$  / 沈澱池の面積  $A$

まず沈降筒試験結果である沈降速度－累積通過重量曲線から、上式によって任意の溢流速度に対する除去率の関係を求めた。その結果、カオリン懸濁液について、図－5に示すように、溢流速度  $u$  に対する除去率  $R$  の関係が得られた。



図－5 溢流速度－除去率曲線



図－6 カオリン投入試験 SS 経時変化の例 (No.1水路)

次に、試験結果の一例として、No.1水路における  $SS$  の経時変化を図－6に示す。試験結果より、以下の手順で各水路での溢流速度  $u$  および見掛けの沈澱池深さ  $H$  を求めた。まず、 $SS$  の経時変化より、各ビットでの  $SS$  通過量を  $W = Q \cdot \int_0^T C dt$  により求めた。流入ビットでの  $SS$  通過量を初期値とし、4mビットおよび7.5mビットの  $SS$  通過量との比を1から引いて除去率とした。この除去率を溢流速度－除去率曲線に当てはめて、当該区間における溢流速度  $u$  を求めた。さらに、断面流速による区間の滞留時間  $T$ （礫が無い場合の滞留時間）よりその区間での見掛けの沈澱池深さを  $H = uT$  として求めた。その結果を表－1に示す。大礫でなおかつ最も目詰まりが小さいと考えられるNo.1水路とNo.6水路で見掛けの沈澱池深さが10～13cmとなっており、水路の深さ1.2mに対して約10倍の沈澱効率を示している。それに対して、大礫の中で比較的目的が進行していると考えられるNo.2およびNo.3水路と中礫を使用しているNo.4水路では3cm前後と、さらに小さい値となった。しかし、これには沈澱以外の除去機構が影響する割合が大きくなっており、本試験結果からは目詰まり度合や礫径による沈澱効率の違いにまでは言及できないと考える。

表－1 沈降特性試験結果のまとめ

| 水路<br>番号 | 礫 | 日常<br>運転<br>流量<br>(m³/h) | カオリン沈降試験条件および結果          |           |           |           |                                       | 見掛け<br>沈澱池<br>深さH<br>(m) |
|----------|---|--------------------------|--------------------------|-----------|-----------|-----------|---------------------------------------|--------------------------|
|          |   |                          | 沈降<br>試験<br>流量<br>(m³/h) | SS通過量 (g) | SS通過量 (g) | 除去<br>率 % | 溢流速<br>度<br>( $\times 10^{-3}$ m/sec) |                          |
| 1        | 大 | 3.8                      | 13.2                     | 流入<br>ビット | 測定<br>ビット | 除去<br>率 % | 溢流速<br>度<br>( $\times 10^{-3}$ m/sec) | 見掛け<br>沈澱池<br>深さH<br>(m) |
|          |   |                          |                          | 38.2      | 48        | 7.9       | 0.10                                  |                          |
| 2        | 大 | 7.6                      | 13.2                     | 72.9      | 55        | 5.4       | 0.12                                  |                          |
|          |   |                          |                          | 27.0      | 63        | 3.4       | 0.04                                  |                          |
| 3        | 大 | 15.5                     | 13.2                     | 37.6      | 77        | 1.6       | 0.04                                  |                          |
|          |   |                          |                          | 10.2      | 73        | 2.0       | 0.03                                  |                          |
| 4        | 中 | 7.0                      | 13.2                     | 63.1      | 70        | 2.3       | 0.03                                  |                          |
|          |   |                          |                          | 13.0      | 79        | 1.4       | 0.03                                  |                          |
| 6        | 大 | 3.8                      | 13.2                     | 72.9      | 45        | 9.2       | 0.12                                  |                          |
|          |   |                          |                          | 40.2      | 53        | 5.8       | 0.13                                  |                          |

上段4m³/時／下段7.5m³/時  
 滞留時間0-4m³/時1300sec 0-7.5m³/時2290sec  
 礫径大:100-150mm 中:60-80mm

#### 4. おわりに

今回の試験では、礫間接触水路の浄化効果のうち濁質の沈降に着目し、沈澱効率についての考察を加えた。沈澱以外の濁質除去機構の考慮や、目詰まりによる影響の把握など未解明な点が残ったが、水路の設計諸元決定にあたって、見掛けの沈澱池深さ約10cmという目安を得たことは有意義な成果であると考えられる。

なお、本研究は、運輸省港湾技術研究所と民間17社から構成されるシーブルー・テクノロジー工法研究会が実施している共同研究の一部である。

(参考文献) 1) 沿岸域におけるけん濁粒子の沈降速度測定法について（細川恭史他、港研資料No.433）