

VI-64 回転円筒を備えた円形沈砂池の除砂特性

国土館大学工学部 正員 ○山田慎吾
同 上 正員 金成英夫
同 上 正員 伊藤秀夫

1. はじめに

下水に含まれる砂は中継ポンプ場、雨水排水ポンプ場および下水処理場において種々のトラブルを起こす原因となる。このため、これらの施設では沈砂池を設け下水から砂を除去している。しかし、一般に用いられている矩形沈砂池ではその機能は必ずしも十分とは言えない¹⁾。

本研究の回転円筒を備えた円形沈砂池は、流入水と回転円筒による強制渦流に伴う二次流によって、平坦な池底面であっても効率的に沈砂を池中央に集めることができる特徴がある。著者らは昨年、本沈砂池について流速分布および沈砂の性状の測定結果をもとに、この円形沈砂池の水理特性と有効性を報告した²⁾。

そこで本研究では、直径 $\phi 0.75\text{m}$ および直径 $\phi 3\text{m}$ の回転円筒を備えた円形沈砂池の除砂測定の結果から、その除砂特性について報告するものである。

2. 円筒周辺速度が除砂率に及ぼす影響

図1に示す円形沈砂池を用いて除砂実験を行った。実験方法は、流入口上部より表1に示すA～E種にふるい分けした砂100gを投入し、1分後ピット内に留まった砂を3分間排出回収して、その排砂率から除砂率を求めた。したがって、流失せずに池底面およびピット内に残留した砂は除砂率に含まれない。沈砂池の運転条件は表2に示した。

図2に水面積負荷 $3400\text{m}^3/\text{m}^2\cdot\text{日}$ における円筒周辺速度と粒径別の除砂率の関係を示した。図2から明かなように、いずれの粒径の砂の場合も周辺速度が大きくなっても除砂率はほとんど変化しないことが分かる。このことから回転円筒は周辺速度 1m/s 程度以上あれば沈砂を池中心部へ集める効果はあるが、除砂率にはほとんど影響しないと言える。

3. 実施における除砂調査結果

調査を行った実施施設は、合流式の下水処理場の既設の矩形沈砂池内に設置された水没型の直径 $\phi 3\text{m}$ の回転円筒付き円形沈砂池である。この装置は、図3に示すように、矩形沈砂池の全汚水量を流入させるのではなく、池底付近の一部の汚水が流入するように設置されている。除砂測定はこの円形沈砂池とともに、併設されている矩形沈砂池について、流入口および流出口で汚水中の砂の採取を行った。その除砂率の結果を図4に示す。この図から本円形沈砂池が矩形沈砂池に比べ、除砂率が高いことは明らかであるが、矩形沈砂池の場合、粒子が小さくなると除砂がほとんどできなくなることに対し、本円形沈砂池では細かい砂粒子でも高い除砂率が得られている。この要因は、円筒の強制渦による洗砂効果によって、沈砂に絡みついた有機物が分離され砂のみの比重が確保できること、また、浮遊している粒子は回転円筒の近傍にまとわり付く様に流動する性質があるため、流失しにくくなっているためと推察される。

4. 砂の分離率

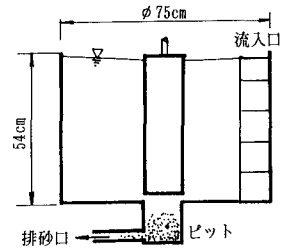
図1 $\phi 75\text{cm}$ 除砂実験装置

表-1 実験に用いた砂の粒径

種別	粒径(mm)	幾何平均径($\sqrt{d_1 \times d_2}$ mm)
A	2.38~3.00	2.67
B	1.19~2.38	1.68
C	0.59~1.19	0.837
D	0.297~0.59	0.419
E	0.149~0.297	0.210

表-2 実験沈砂池運転条件

円筒回転数(rpm)	流入量($\text{m}^3/\text{分}$)	水面積負荷($\text{m}^3/\text{m}^2\cdot\text{日}$)
300	1.12	3800
300	1.06	3600
150 200 300	1.00	3400
300	0.80	2720
300	0.60	2040

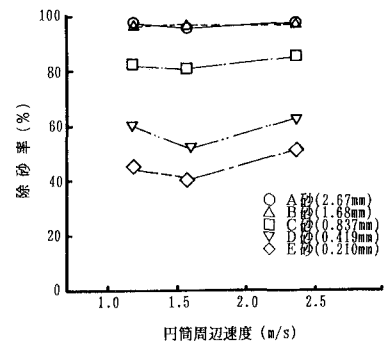


図2 円筒周速と除砂率との関係

円形沈砂池による除砂を分離率から評価するために、図5に示すモデルを用いる³⁾。すなわち、流入から放流口に向かって角度 θ で上昇しながら滑らかに流れとし、さらに固形物の周方向速度成分が流入流速 U_0 に等しく、流れとの垂直方向相対速度 W_s が最終沈降速度に等しいとする。放流口下端に達する固形物の軌跡を一点鎖線で示すと、この固形物の流入位置 h_c よりも下側の固形物は、放流口から流出しないため、除砂率 η は

$$\eta = h_c / h_0 \quad \text{----- (1)}$$

で表される。また、図5より θ にかかわらず

$$h_c = \frac{q}{U_0} \cdot W_s \quad \text{----- (2)}$$

となる。したがって、(1)式、(2)式より

$$\eta = \frac{q \cdot W_s}{U_0 \cdot h_0} \quad \text{----- (3)}$$

q : 沈砂池長さ(m)
 W_s : 砂粒子の最終沈降速度(m/s)
 U_0 : 流入速度(m/s)
 h_0 : 流入口高さ(m)

となり、円形沈砂池における除去率は無次元数 $q \cdot W_s / U_0 \cdot h_0$ の関数となる。

図6は、直径 $\phi 1\text{m}$ および $\phi 3\text{m}$ のパイロットプラントを用いた大阪市の円形沈砂池（スワール）の実験結果³⁾に、本研究の $\phi 75\text{cm}$ および $\phi 3\text{m}$ の水没型円形沈砂池の結果をプロットしたものである。これを比べてみると、タイプの違いにもかかわらずほぼ一致している。ただし、 $q \cdot W_s / U_0 \cdot h_0$ が2以上で大阪市の結果に比べて $\phi 75\text{cm}$ 実験除砂率が小さな値となっている。この原因は、 $q \cdot W_s / U_0 \cdot h_0$ が2以上のデータは粒径 1.68mm および 2.67mm （幾何平均径）の大きな砂粒子のプロットであり、これらの砂は排砂時間3分では池底に若干量と特にピット内の排出管の周囲に残留していたため、排砂量に含まれず除砂率が小さくなったものである。このことを考慮すると、本実験結果は大阪市の結果とほぼ一致するとみることができる。したがって、除砂率 η は図6の関係から、沈砂池直径、水面積負荷および砂粒径にかかわらず、 $q \cdot W_s / U_0 \cdot h_0$ の値でほぼ一義的に求められる。

4. ま と め

回転円筒を備えた円形沈砂池の除砂特性は、分離率としての除去率は一般の円形沈砂池とほぼ同じであり、回転円筒の効果は主に平坦な底面でも効率よく沈砂を中心部に集めることである。また、矩形沈砂池と比べ細かい砂粒子の除去率が高い特徴がある。

【参考文献】

- 1) 金成、山田、永田：沈砂池の沈降速度および限界掃流力に関する研究、水処理技術、vol.31、NO.9、1989
- 2) 山田、吉川、西田：回転円筒を備えた円形沈砂池、土木学会第47回年次学術講演会講演集II、1992
- 3) 山口、樽谷、吉住：下水道における砂の発生状況およびその効率的除去について、第24回下水道研究発表会講演集、1987

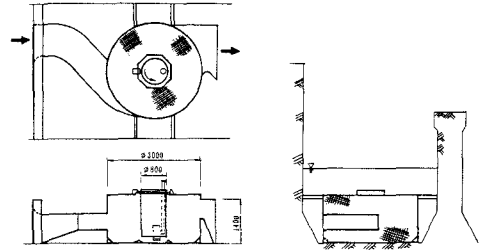


図3 実施設概要

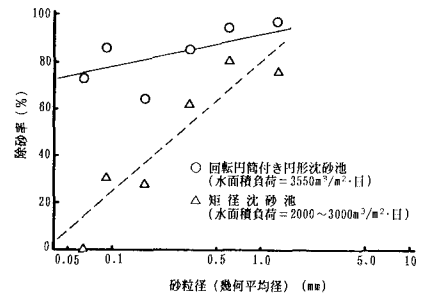


図4 実施設における除砂率

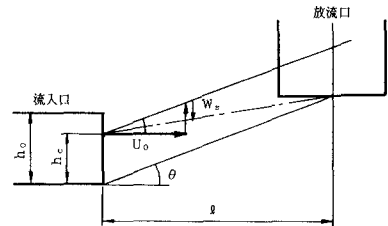


図5 円形沈砂池における分離モデル

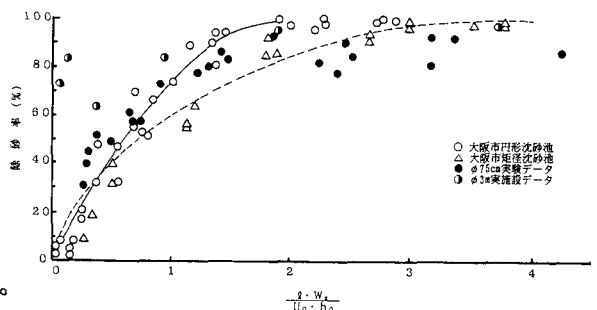


図6 $q \cdot W_s / U_0 \cdot h_0$ と除砂率との関係