

円形沈砂池の回転体表面の形状とせん断応力

国士舘大学工学部 正会員 金成英夫

国士舘大学工学部 正会員 伊藤秀夫

1. はじめに

流入量が時刻とともに大きく変動する下水道の沈砂池では、低水量時には沈殿してほしくない有機性粒子が除去され、腐敗し臭気の原因となる。一方、高水量時に沈殿した砂粒子が再浮上し、沈砂池を通過してしまうことになる。そこで、著者等は矩形沈砂池のような欠点を持たない円形沈砂池について検討してきている。円形沈砂池では、槽中央部に設置した円筒を回転させることにより、沈殿し槽底部に到達した固形物は簡単に中央部に集めることができる。

本研究は、回転体に発生するせん断応力に与える影響について実験的に検討を加えたものである。

2. 実験装置及び方法

円形槽の直径は50cmであり、一方、水深はほぼ30cmになるように調整した。回転体に加えた仕事率を正確に測定するために、減速器と回転体との間にトルクメーターを設置し、回転数と同時にトルクを測定した。トルクの測定方法は、最初に槽内が空の状態での回転数とトルクとの関係を、次に、槽内に水を入れてから回転数とトルクとの関係を測定した。ここで、槽が空の状態から水を入れたときのトルクの増加分が水を旋回させるに必要なトルクと考えた。実験に用いた回転体の種類を表-1に示す。

3. 実験結果及び考察

3.1 回転体のせん断応力

回転体に発生するせん断応力は次の式で表せる。

$$\tau = \frac{M}{2\pi \cdot R_D^2 \cdot L} \quad \text{-----(1)}$$

τ : せん断応力 (N/m²)

M : トルク (N・m)

R_D : 回転体の半径 (m)

L : 回転体の水浸長さ (m)

図-1は滑らかな回転体（回転体A及びB）の

表-1 回転体の種類

回転体の種類	表面の形状	R_D (cm)	備 考
A	滑らか	5.0	アクリル樹脂
B	滑らか	10.0	
C	ディンプル	5.0	窪み直径6mm、6500個/m ²
D	ディンプル	7.5	
E	波 形	5.0	円柱直径6mm、115本/m
F	穴 あ き	5.0	穴直径6mm、380個/m ²

表面速度Uと τ との関係である。回転体の表面に発生するせん断応力は回転体の直径にかかわらず、回転体の表面速度で決まることが分かる。

$$\tau = 2.56 \times U^2 \quad (\text{滑らか}) \quad \text{-----(2)}$$

U : 回転体の表面速度 (m/s)

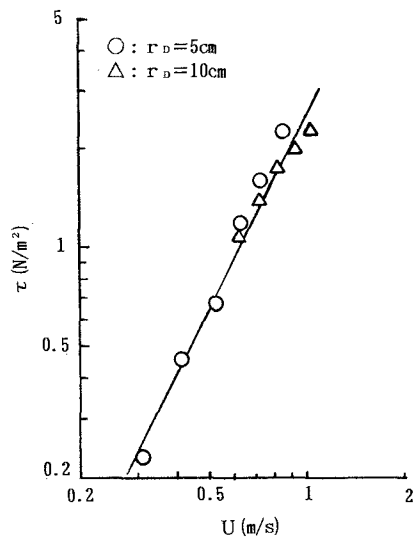


図-1 回転体の表面速度とせん断応力
(○: 回転体A, Δ: B)

図-2および図-3に回転体の表面がディンプル（回転体C及びD）および波形（回転体E）、穴あき（回転体F）についてUと τ との関係を示した。ディンプルでは、滑らかな回転体の場合と同様にせん断応力は回転体の表面速度で表すことができる。

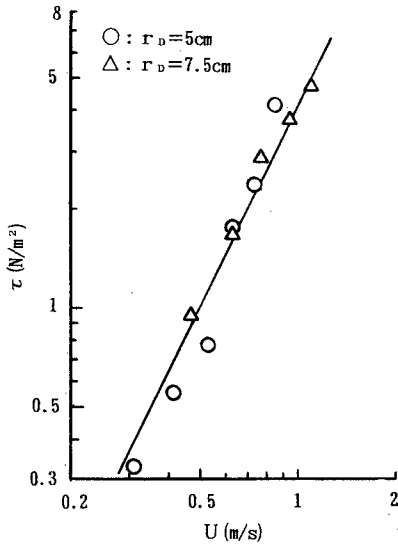


図-2 回転体の表面速度とせん断応力
(○：回転体C，△：D)

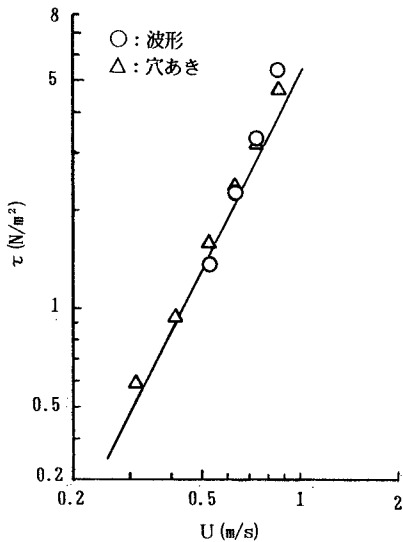


図-3 回転体の表面速度とせん断応力
(○：回転体E，△：F)

$$\tau = 4.00 \times U^2 \text{ (ディンプル)} \text{-----(3)}$$

$$\tau = 5.36 \times U^2 \text{ (波形, 穴あき)} \text{-----(4)}$$

3.2 管路の壁面のせん断応力との比較

円管の場合、壁面せん断応力は次の式で表せる。

$$\tau = \frac{\lambda}{8} \rho V^2 \text{-----(5)}$$

τ ：円管の壁面せん断応力 (N/m²)

λ ：摩擦損失係数

ρ ：水の密度 (kg/m³)

V ：平均流速 (m/s)

ここでは、滑らかな管の場合について検討を加える。 λ はRe数とともに減少するが、簡単にするために、一定値と仮定し、 $\lambda = 0.03$ とすると、

$$\tau = 3.75 V^2 \text{-----(6)}$$

となる。

滑らかな回転体のせん断応力に比べて、管壁のせん断応力が若干大きくなっている。これは、回転体を回転させると、槽内に旋回流が発生し、表面速度と旋回流の速度差が小さくなるためであると考えられる。

3.3 槽内の平均流速の予想法

槽内の旋回流の平均流速を v とすると、回転円筒と旋回流との速度差は $(U - v)$ となる。回転円筒表面のせん断応力と相対速度差との関係が滑らかな管の場合の関係に従うとすると、

$$\tau = 3.75 (U - v)^2 \text{-----(7)}$$

v ：槽内の旋回流の平均流速(m/s)

となる。(2)式と(7)式とから v を求めると

$$v = 0.174 U \text{-----(8)}$$

となる。これまでの研究では、 v/U はほぼ10～20%の範囲¹⁾にあることから、妥当な考えであることが分かる。

4. まとめ

円形槽内の回転体の表面のせん断応力を実験的に検討した結果をまとめると以下になる。

- (1)回転体表面に発生するせん断応力は回転体表面の形状の影響を受ける。
- (2)せん断応力は、回転体の直径にかかわらず、回転体の表面速度の2乗に比例する。
- (3)滑らかな回転体表面のせん断応力は、滑らかな円管の壁面に発生するせん断応力よりも若干小さな値となる。これは、槽内に旋回流が発生し、回転体表面と水との相対速度が小さくなるためである。

〔参考文献〕

- 1)金成英夫ら：回転円筒を備えた円形沈砂池の集砂機能、第49回年講Ⅱ、pp.1034-1035、1994
- 2)金成英夫ら：円形沈砂池の流速分布と底面上の掃流力、第50回年講Ⅱ、pp.1044-1045、1995