

1. はじめに

下水道の本来の役割は、都市域における雨水と汚水とを収集・排除することであり、その限りにおいては雨水と汚水とを同一管渠で収集・排除する合流式下水道は合理的であったと考えられる。しかしながら、生活様式の変化、水洗便所の普及などに伴う汚水性状の悪化は、雨天時の合流式下水道越流水による水質汚濁問題をより増幅させるものとなった。さらに、人口の増大や水使用量の増加によって下水管渠の容量不足が起り、雨天時越流水に所定の稀釈倍率を維持出来ない場合も生じている。このような問題に対処する方法として各種のものが提案されているが、米国で開発されたスワール固液分離装置について若干の知見を得たので報告する。

2. スワール固液分離装置の概要

スワール固液分離装置は、米国 EPA の都市環境研究所が英国のプリストルで作られたヴォルテックス型の越流制御装置にヒントを得て研究開発したものである。装置は図 1 に見られるように非常に単純なものであり、流入水を導く流入渠 a、流向制御板 b、スカムリング c、越流制御板 d、スポイラー e、浮遊物除去装置 f、汚水管 g、ガター h、ダウンシャフト i などから構成されている。各部分の設計次元は次の通りである。

D_1 (流入渠径)

D_2 (スワール径) $= 6 D_1$

D_3 (スカムリング径) $= 4 D_1$

D_4 (越流制御板径) $= 3 \frac{1}{3} D_1$

D_5 (ダウンシャフト径) $= D_1$

H_1 (越流堰までの高さ) $= 1 \frac{1}{2} D_1$

土木研究所で製作したスワール固液分離装置は、図 2 に示すようなスワール径が約 91 cm の小さなものであり本体は透明塩ビ、底部は塩ビ板を使用している。

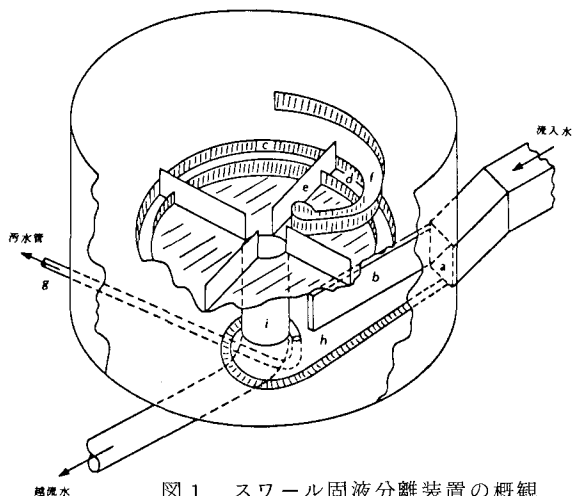


図 1 スワール固液分離装置の概観

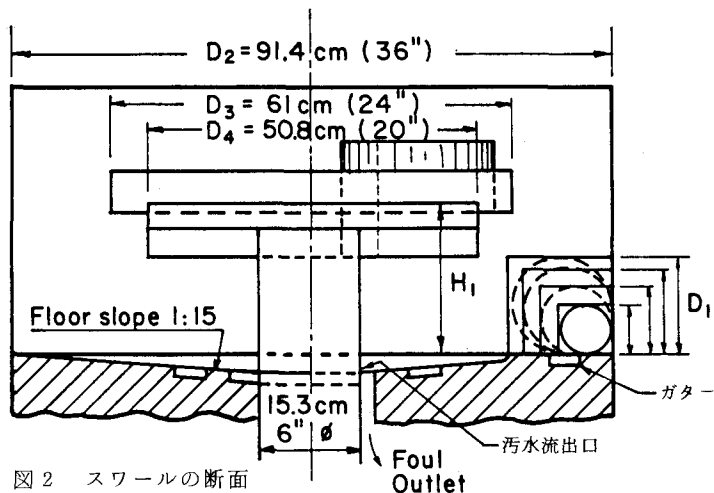


図 2 スワールの断面

3. スワール固液分離装置の原理

スワールに導かれた流入下水は、流向制御板によってダウンシャフトを中心とした回転流となるが同時に流れ方向に対して反時計回りの施回流ともなる。回転流によって流入下水中の固形粒子は中心部から周辺部へ運ばれるが、施回流によって中心部の底部に集められることになる。この結果、スワール底部に設けられた汚水流出口から排水される下水は濃縮された固形分を含み、上部の越流堰を越流してダウンシャフトへ流出する下水は固形物が除去され比較的清浄になっている。さらに水面上に浮遊している物質については、スカムリングによって越流が阻止され、浮遊物

除去装置に集められる。このようにして集められた浮遊物は、スワール内部の水位が低下する際に汚水流出口から排出される。スワール内部での流れによる固液分離現象は慣性力、重力によるものであるから模型実験で得られた効果によって実規模の場合の効果を予測するにはフルード則が用いられる。流量とスワール径および沈降速度とスワール径の模型と実規模の場合の関係は次のように表わされる。

$$\frac{Q_m}{Q_p} = \left(\frac{D_{2m}}{D_{2p}} \right)^{5/2}, \quad \frac{V_{sm}}{V_{sp}} = \left(\frac{D_{2m}}{D_{2p}} \right)^{1/2}, \quad Q: \text{流量}, \quad V_s: \text{沈降速度}$$

さらに注意しなければならないのは、汚水管に取り込まれる流量比（遮集率）も同じにしなければならないという点である。

4. 模型による実験と実験結果

スワール固液分離装置による固形物除去実験は、ポンプ場の沈砂池に流入してくる汚水を水中ポンプで揚水して、流入渠およびダウンシャフトで採水し分析するという方法で行った。流量はダウンシャフト下流に設けた三角堰の水位を読み取り、あらかじめ作成しておいたH～Q曲線で求めた。

先ず流入量に対する汚水管流出量の割合（遮集率）が流入量とどのような関係を持っているか実験した結果が図3である。この模型の設計流量は約0.6 m³/分程度であり、この場合には流入量の80%前後の下水を越流することが出来るということになる。現在の合流式下水道の遮集管渠容量は、増大する晴天時下水水量のために不足気味であるので出来るだけ遮集率を小さくする方が得策であるが、どこまで小さく出来るのか今後の課題となろう。

次に流入水質（SS）と除去率との関係を図4に示す。用いた下水が汚水ということも手伝って流入水質と除去率との間に一定の関係が見出せなかった。また遮集率あるいは流入量と除去率の間にも一定の関係があると云われているが、これも明確には把握出来なかった。

通常、雨天時合流式下水のVSS/SSは約0.2前後であるが、この場合のVSS/SSは約0.7であり雨天時下水に比してかなり有機物に富んでいる。今回の実験では固形物の比重分布を測定するまでには到らなかったが、流入下水中の固形物の比重は実際の雨天時下水に比してかなり小さかったのではないと思われる。

米国での雨天時下水中の固形物除去に対する実績は、平均50%と報告されており、今後各種の比重、粒径をもつ固形物に対して実験を行う予定である。

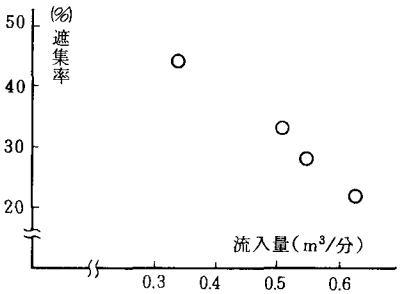


図3 流入量と遮集率の関係

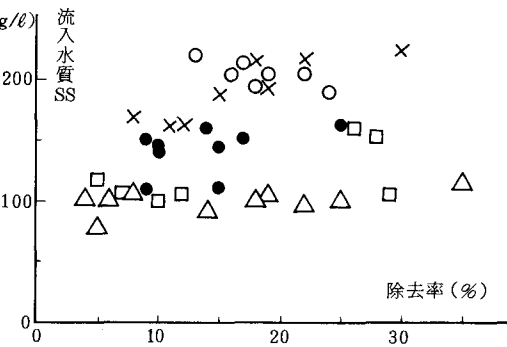


図4 流入水質と除去率の関係（SS）
○ = 0.30 m³/分, △ = 0.35 m³/分, × = 0.50 m³/分, □ = 0.55 m³/分, ● = 0.65 m³/分

5. まとめ

合流式下水道の改良を行う上で最も重要となるのは費用の問題である。雨天時下水のみを処理する施設を作った場合の単位除去BOD当りの処理費用は通常の二次処理の場合の10倍程度にもなる。この点を考えると、合流式下水道の改良策は最も単純な、費用がかからない方法にすべきだと思われる。既に、稀釈倍率の改善、滯水池、簡易処理の改善については費用効果分析を行って報告済みであるが、これらと比較するとスワールの経済性は非常に高いことに気がつく。スワールと沈殿池とを比較すると同等の除去率を得るための必要な用地は1/120、処理費用は1/10～1/25となって問題にならない。今後の課題としては上述した以外に、装置そのものの構造上の改良などがあろう。参考文献；建土研：合流式下水道に関する日米間の技術協力、土研資1294；R.Field:Design of an overflow regulator, WPCF Vol. 46, No 7