

1. 概要 含油排水による海あるいは河川の環境汚染を防止するため、船舶や石油精製工場等には大型の処理設備が設置される¹⁾。ところが、これらの処理設備はコストが高く大規模であるため、含油量の少ない一般の水路に設置するには適さないという問題点がある。そこで、油水分離能力は大型の設備より劣るが、既存の水路の一部を利用して低コストで設置できる簡易なオイルセパレータを水理実験により検討した。

2. 簡易式オイルセパレータの概要

今回検討したオイルセパレータは海または河川に臨接した施設から油分が雨水排水路を流下して外水域へ放出されるのを防ぎ、一時的に油を貯留するものである。一般に雨水排水設備は地下に設けられ、その水路の下流端には収集ピットが設けられる。簡易式オイルセパレータはこの雨水排水収集ピット内に二つの固定堰を設け、これらの複合効果から上流側堰(堰1)によって油分をピット内に貯留し排水するものである。オイルセパレータの構造を図-1に示す。図中の斜線部に堰板を設けるだけのものである。図を見てわかるように、堰2により逆流を防ぎ堰1によって浮上油を堰止めるもので、雨水は堰1の下を通り堰2を越流して海または河川に排水される。一般に、排水流量が小さい時は、堰1の上流水深が小さくなるが、油層が流入管の上流部へ薄く広がりピット内の乱れも小さくなるため油は流下しにくい。また排水流量が大きい時は油が堰1上流付近に吹き寄せられピット内の乱れも大きくなるが、堰1の上流水深が大きくなるため油は堰1の下を通して流下しにくい。この原理から、二つの堰を適当に配置することにより比較的広範囲の排水流量に対して油の流出を防ぐことができる。ところが、ピット内の流れが3次元的であり、渦や湧昇流が発生するため、流況および油の挙動を解析によって求めるのは困難である。このため、油を貯留する機能を十分に発揮するための堰の形状を求めるには水理実験が必要である。

3. 水理模型実験

実験の対象としたピットの形状を図-2に示す。ここでピット内に簡易式オイルセパレータを設けるために、①軽油を貯留する機能を十分に発揮するために堰1の開度と堰高はどの位とればよいか、②二つの堰を設けることにより設計流量の通水に支障がないかの2点を検討した。

1) 実験条件と実験項目

実験条件を表-1に示す。この実験は水と油の相互作用を扱うため、実機と模型の相似律を合わせるためには両方の密度フルード数を一致させる必要があるが、水と油の密度比を一定にすることにより通常のフルード則を適用することができる²⁾。なお、設計流量は流入管の9割水深で流れる流量に相当している。実験は次の三つの項目について行った。1) 軽油の

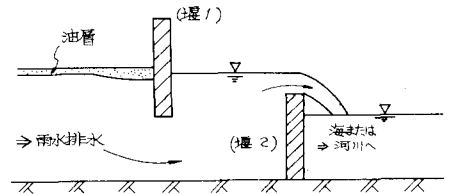


図-1 簡易式オイルセパレータ

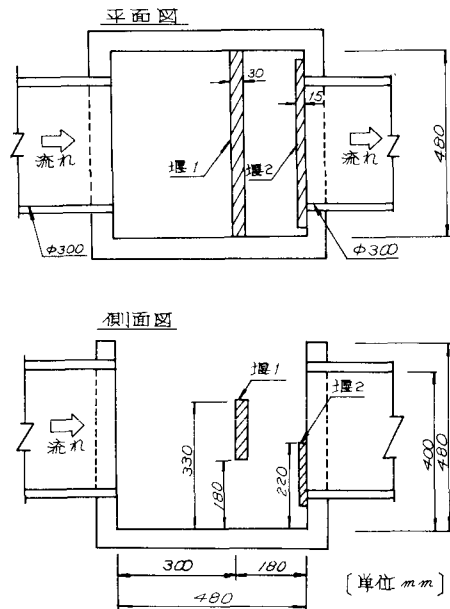


図-2 ピット形状寸法
(斜線部：オイルセパレータの最適形状)

表-1 実験条件

水 理 量	模 型
水の比重	1.0
軽油の比重	0.835
設計流量	32.6ℓ/sec
想定軽油量	1.6ℓ

挙動観察実験、ii) 堰 1 の最適形状選定実験、iii) 最適形状に対する確認実験。実験は主に堰 1 の開度と排水流量を種々に変化させて行った。軽油の挙動は目視により観察した。

2) 実験結果及び考察

i) 軽油の挙動観察実験 堰 1 の開度と排水流量を変化させた時の軽油の挙動を把握し、軽油の貯留限界を求める実験を行った。軽油の挙動は開度と排水流量の変化に応じて図-3 に示すように三つのタイプに分類される。タイプ A は排水流量が小さく開度が大きい場合に生じ、渦の発生は見られずピット内の乱れも小さいので軽油の全部が貯留される。タイプ C は排水流量が大きく開度が小さい場合に生じる。ピット流入部両端の拡幅部に二つの縦渦が卓越し、堰 1 上流付近に湧昇流が発生するためピット内の乱れが大きくなる。このタイプでは、渦により軽油が小粒となって下方に巻き込まれ堰 1 の下をくぐり抜けて恒常的に流出する。タイプ B はタイプ A からタイプ C への遷移域であり、渦が発生し初期流出がわずかにあるものの、軽油のほとんどはピット内に貯留される。図-3 に示した三つのタイプの内、初期流出が微量であり大部分の軽油がピット内に貯留できることを考慮すれば、このオイルセパレータの軽油の貯留限界はタイプ B とタイプ C の間とするのが妥当と考えられる。

ii) 堰 1 の最適形状選定実験 次に軽油を貯留する機能を十分に発揮するための堰 1 の開度と堰高を求める実験を行った。その結果を図-3 に示した三つの軽油挙動タイプで整理したのが表-2 である。これにより次のことがわかる。① 堰 1 の開度が大きくなると軽油の貯留機能が増大する。② 軽油を貯留できる限界排水流量は設計流量の約 1/3 である。実験で求められた開度において限界排水流量を流下した時の堰 1 上流水深から、油を越流させないための堰 1 の高さが求められる。

iii) 最適形状に対する確認実験 主に通水機能の検証のために行った実験結果を表-3 に示す。これより設計流量の通水に支障がないことがわかる。

実験によって得られたオイルセパレータの形状並びに取付け位置を図-2 に示す。最終的に、上流側堰はなるべく流れに影響を及ぼさず、油を止めるため上流水面付近にのみ取り付けることが最も機能的であることが判明した。

4. まとめ

水理実験により、既設水路内に 2 枚の堰を取付ける手法は、簡易式オイルセパレータとして十分機能を発揮することが確認された。この簡易なオイルセパレータは雨水排水路に限らず、一般の水路の油水分離に広く応用できるものであり、その機能は簡単な水理実験によって事前に検討できるものである。

参考文献

- 1) 田中太郎：「油水分離問題」公害と対策，Vol. 3, No. 3, 1977
- 2) 玉井信行：密度流の水理，新体系土木工学 22 技報堂，1980

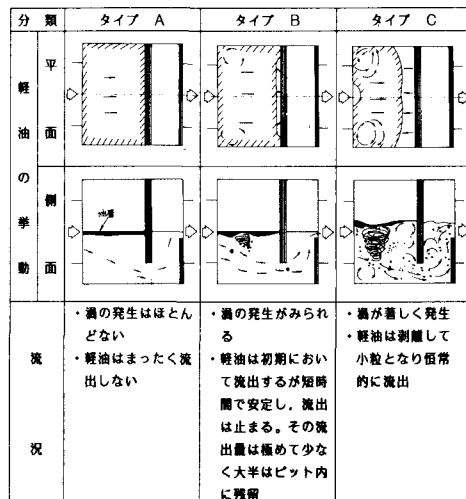


図-3 軽油の挙動タイプ

表-2 開度および排水量と軽油の挙動タイプ

排水流量 (ℓ/sec)	3.3	4.9	6.5	8.1	9.8	11.4
開度 (cm)						
5.0	A	A	B	C	C	C
10.0	A	A	B	C	C	C
15.0	A	A	B	B	C	C
18.0	A	A	B	B	B	C
20.0	A	A	A	B	B	C

表-3 最適形状確認実験結果

ケースNo	目的	条件	実験結果
ケース 1	設計流量時のピット内水位	Q=32.6ℓ/sec	ピット内上流端の水深は底面から40.9cm (流入管上端より約 0.9cm 高い)
ケース 2	設計流量の2割増しのピット内水位	Q=39.1ℓ/sec	ピット内上流端の水深は底面から45.0cm (流入管上端より約 5.0cm 高い)
ケース 3	小規模流量時に対する貯留機能の確認	Q=1.6ℓ/sec	軽油は水面上に一様に分布し、下流に流出せず。この時渦の発生は認められず
ケース 4	枝管から軽油の流入を想定した場合	Q=9.8ℓ/sec	枝管内から注入した軽油は、ピット内水面上に広がり、下流には流出せず