

ドレーン工法を用いた油回収に関する実験的検討

鹿島建設(株) 正会員 ○関 弘、増田真佑、河合達司、フェロー会員 川端淳一
錦城護謨(株) 正会員 三成昌也、小柳勇也

1. はじめに

製油施設や貯油施設等で漏えいした油は、地盤中に浸透し地下水面まで達した場合、水との比重差の関係で地下水面の上部付近に油層として滞留していると推定される。この油層が地下水の流動などにより移動し、河川や海の公共用水域などに油膜が生じる恐れがある場合、通常、揚水対策や遮水壁の設置等により拡散防止や油の回収を行う。筆者らは、幅約 100 mm のボード状のドレーン材を 1m ピッチ程度の高密度に設置でき、かつ負圧をかけて吸引することの可能なプラスチックボード・ドレーン工法¹⁾ (以下ドレーン工法) に着目し、従来の揚水対策に比べて効率的な油の回収が可能ではないかと考えて実験的検討を行った。

2. 実験方法

2.1 実験目的

地下水面付近に滞留する油層を吸引回収するには、水と油の 2 種類の液相 (油水 2 相) と土粒子の固相からなる複雑な条件下での油の移動を評価する必要があるため、段階的に検討を進めた。まず、ドレーンのフィルター素材と油の回収効果との関係の評価するため、液相のみを用いた試験 (フィルター素材試験) を行った。試験ケースとして①水単相、②油単相、③油水 2 相を行った。続いて、地盤からの油回収を想定し、フラタリーサンドを用いて模擬地盤を作成して土槽実験を行い、固相が介在する条件下での油水の回収効果を評価した。

2.2 実験装置および方法

鉄枠アクリル製 (幅 1000 mm×奥行 600 mm×高さ 1500 mm) の水槽を使用した。水槽を地表面に設置し、地上 7 m 高の位置に真空ポンプを設置した (図-1)。排気量 3.3 m³/分、動力 11 kW のエルモ型真空ポンプを用いて吸引し、油水の回収量を経時的に測定した。

回収対象の油は軽質油と想定し、実験では平均的な軽質油 (灯油 ; 粘性 2.42 (mP・s) @20℃) よりも粘性が高く、取り扱いが安全な流動パラフィン 70-S (三光科学工業製) (粘性 23.01 (mP・s) @20℃) を模擬油として使用した。



図-1 土槽実験状況

3. 実験結果

表-1 フィルター素材実験での油水回収結果

3.1 フィルター素材試験

フィルター素材試験での油水回収結果を表-1に示す。「水単相」、「油単相」による試験での単位時間当たりの吸引量 (平均) は、揚水量 8.24 L/分に対して揚油量 6.14 L/分と、揚油量の方が低かった。これは、流

種 類	測定 時点	揚油量① (L/分)	揚水量② (L/分)	油吸引率 (①/ (①+②))	油層 接触率
水単相	平均	—	8.24	0%	0%
油単相	平均	6.14	—	100%	100%
油水 2 相	平均	—	—	—	—
	20 分後	5.82	0.00	100%	25.0%
	25 分後	4.66	2.52	64.9%	14.8%
	30 分後	1.66	4.50	26.9%	10.4%

動パラフィンの粘性が水の 23 倍高いことによるものと推測される。

「油水 2 相」での実験では、ドレーン材の下端が油水の境界面に位置する状態で実験を開始した (図-2)。この時のドレーン材の有効長は 100%油層に接触し、この状態での油層接触率を

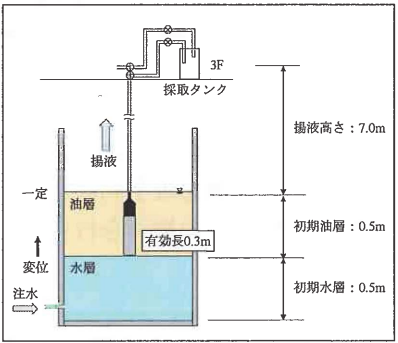


図-2 「油水 2 相」の試験ケース

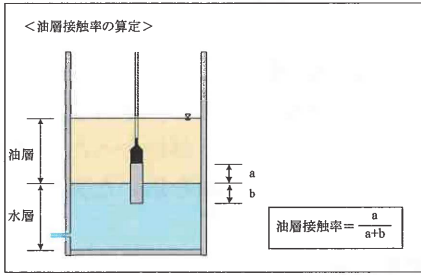


図-3 油層接触率説明図

100%と定義する(図一3)。吸引とともに注水することで油層の上面の位置を一定に保ち、ドレーン材の油層接触率は時間経過と共に低下する条件で実験を行った。実験開始後20分間は、油層接触率は低下し、水との接

触率が高くなるにも関わらず、継続して油のみを吸引した。その後、油層接触率が30%を下回る頃から、揚水量が上昇した。これに伴い、揚油量は下がったが、揚水量に対する揚油量の割合(油吸引率)と油層接触率を比較すると、継続して油吸引率は油層接触率を上回った(図一4)。油水を合わせた全液相吸引量は、6~7L/分程度であった。

油吸引率が油層接触率を上回り、油を優先的に吸引できた理由として以下の理由が考えられる。

- ・プラスチックボードドレーンは、吸引面全面がフィルター素材で構成されている。ドレーン全体で負圧吸引できるため、従来の井戸より油の効果的な吸引に有利に作用した。
- ・比重の軽い油層は水層よりも上に位置することから、①圧力損失により油層よりも水層の吸引圧が低下し、②比重の重い水を高い揚程で吸引する仕事よりも軽い油を低い揚程で吸引する仕事小さい。
- ・今回の試験ではドレーンのフィルター素材として疎水性の高い材料を使用した。フィルター素材の水の接触角は平均91.6°の撥水性を示した(表一2)。また、灯油の接触角は素材に浸透し測定不可となるほど高い親油性を示し、この素材の油に対する濡れ性の高さが油の効果的な吸引に有利に作用した。

表一2 フィルター素材の接触角

液体名	接触角(°)		
	最小	最大	平均
水	84.0	98.4	91.6
流動パラフィン	測定限界以下		
灯油	測定限界以下		

3.2 土槽試験

土槽実験での油水回収結果を表一3

に示す。「水単相」、「油単相」の試験での単位時間当たりの平均吸引量は、揚水量2.88L/分、揚油量1.00L/分であった。「油水2相」の試験では、全液相吸引量は、0.8~1.4L/分で、平均36.5%の油吸引率で油を吸引回収できることが確認された。

表一3 土槽実験での油水回収結果

種 類	測定 時点	揚油量① (L/分)	揚水量② (L/分)	油吸引率 (①/(①+②))	油層 接触率
水単相	平均	—	2.88	0%	0%
油単相	平均	1.00	—	100%	100%
油水2相	平均	0.35	0.61	36.5%	82~100%
	20分後	—	—	—	—
	25分後	—	—	—	—
	30分後	0.64	0.70	47.8%	96.1%

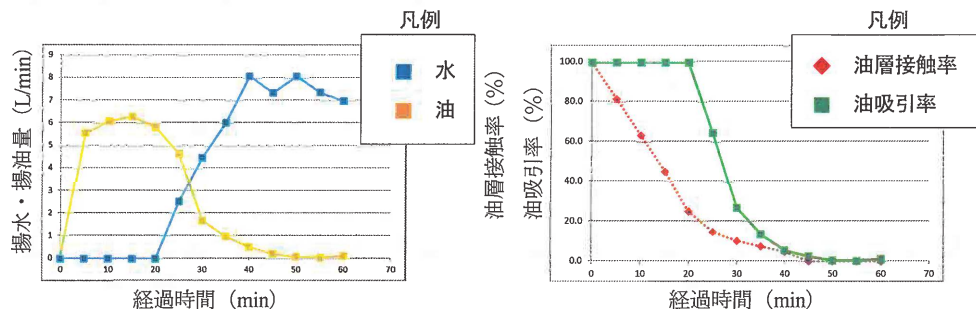
液相のみのフィルター素材試験と比較すると、実際の地盤では、液体が地盤の間隙中を移動する際に、粘性や土粒子表面への吸着などの影響を受け、特に油は水よりも粘性が高く、土粒子表面への吸着が強いと推定されるものの、従来の井戸による油の回収では%オーダーでの回収が難しい現状と比べると、土槽実験で得られた回収効果は極めて高く、ドレーン工法は従来よりもはるかに高い効率で油を吸引回収できる可能性が確認された。

4. 今後の課題

今回の実験を通して、本方法により従来の井戸による回収方法に比べて、地盤中から油を効率的に回収できる可能性があることがわかった。今後は、より効率的に油を吸引回収するための方策や、より実際の回収対象の粘性に近い軽質油を用いた実験、回収後の排水処理などの検討を行い、その有効性について検討を進めていく計画である。

参考文献

- 1) 川端淳一, 河合達司, 瀬尾昭治, 永井文男, 樋江井夕紀夫, 小林茂生(2014): プラスチックボードドレーンによる揚水・注水工法を用いたシアン含有地下水の原位置酸化分解浄化工事について—豊洲新市場土壌汚染対策工事への適用—, 第20回地下水・土壌汚染とその防止対策に関する研究集会 講演集, S5-23, pp.548-553.



図一4 「油水2相」での揚水・揚油量および油吸引率・油層接触率の経時変化