

ドレーン工法を用いた油回収に関する検討 (その2)

鹿島建設(株) 正会員 ○大塚誠治 河合達司 関 弘 石神大輔
 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

地盤中に漏洩した油は、下部に浸透して地下水面まで達した場合、地下水の上部付近に油層として滞留することが多く、この油層が地下水流動により、河川や海などの公共用水域に油膜を生じさせる場合がある。油層の回収や拡散防止として、一般的には揚水や遮水壁等の対策が行われるが、筆者らは、幅約100 mm、厚さ約4mmのボード状のドレーン材を高密度なピッチで設置し、かつ負圧をかけて吸引するドレーン工法に着目し、油回収技術(図-1)の検討を進めており、昨年度は灯油を用いた室内実験の結果を報告した¹⁾。本報では、大型土槽を用いて、軽質油である灯油、および軽質油とB重油の中間の粘性を有する流動パラフィンを用いた吸引実験を行い、粘性の違いによる油の吸引回収効率の違いを確認した結果を報告する。

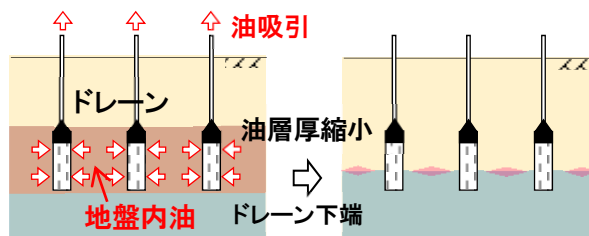


図-1 油吸引回収のイメージ

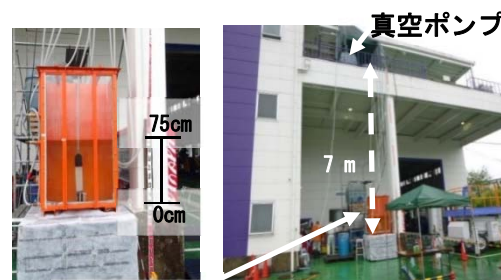
2. 土槽を用いた吸引試験

2.1 実験装置

鉄枠アクリル製の水槽(幅1,000 mm×奥行600 mm×高さ1,500 mm)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。水槽に真空ポンプに連結されたドレーン材を設置し、固液混合相の状態で吸引試験を行うことができる実験装置(写真-1)を準備した。

2.2 試験方法

水槽内にフラタリーサンド(乾燥密度 1.56 g/cm^3 、透水係数 $1.6 \times 10^{-4} \text{ m/s}$ 、50%粒径0.23 mm)を土層として充填し、下部を水層、上部を油層(灯油または流動パラフィン)となるように土槽を形成した(写真-2)。土槽の形成時に、油水の境界面にドレーンの吸引部(有効長30 cm)の中心付近が位置するようにドレーンを設置した。吸引の際には、土槽の最下部から適宜注水を行い、定水位を想定した条件となるように液量を制御しながら試験を行った(図-2)。



土槽(水槽)

写真-1 実験装置

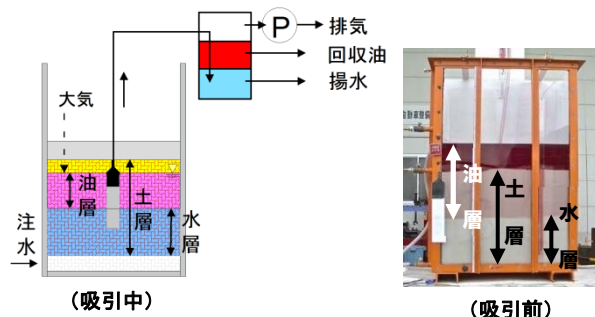


図-2 土槽実験の概要

写真-2 土槽外観

2.3 結果

灯油または流動パラフィンを油層とする土槽を用いて、ドレーン吸引による油水吸引試験を行い、油・水の積算揚水(油)量の結果を図-3、図-4に示す。灯油の場合、吸引開始から常に揚油量が揚水量を大きく上回り、回収液のうちの油含有率は80%以上であった。また、15分後にポンプ停止するまでの総揚油量は96 Lであった。一方、流動パラフィンについては、吸引開始直後のサンプリングのみ揚油量が揚水量を上回ったが、その後は揚油量と揚水量がほぼ同じ値となり、回収液のうちの油含有率は約50%であった。また、45分後にポンプを停止するまでの総揚油量は24 Lであった。

キーワード: ドレーン、油、回収、吸引、土槽試験

連絡先 〒107-8348 東京都港区赤坂 6-5-11 鹿島建設(株) 環境本部 TEL 03-5544-0771

以上の結果から、それぞれの平均油回収速度を算出すると、灯油の油回収速度は 6.40 L/min であり、流動パラフィンの 0.53 L/min に対して約 12 倍速かった。

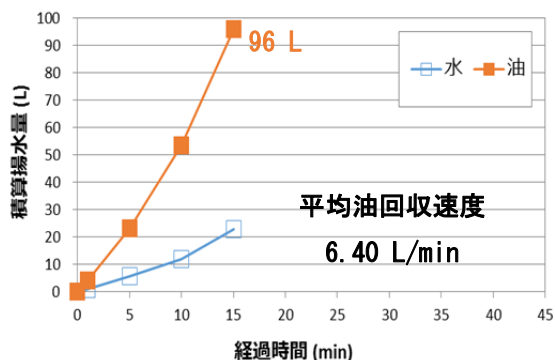


図-3 灯油の積算揚水（油）量

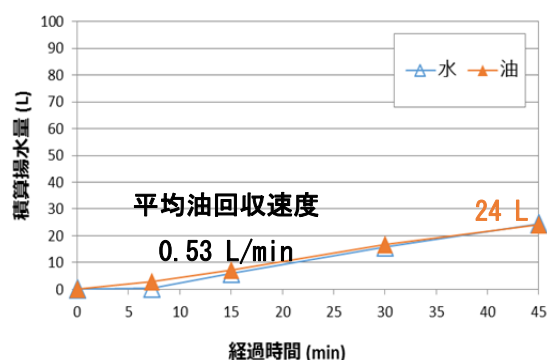


図-4 流動パラフィンの積算揚水（油）量

3. 考察

3.1 室内試験との比較

既往報告¹⁾では、写真-3に示すような一次元土槽を用いた室内試験により同様の油吸水吸引試験を行っていた。本試験のように灯油の油回収速度が流動パラフィンよりも速い結果ではあったものの、その比率は約 23 倍であり、本試験の回収速度と 2 倍近い差があった。この要因として、室内試験では吸引中に上部から注油を行うことで定水位を保ったために本試験の注水条件とは異なっている点や、室内試験装置の形状に起因して鉛直方向の偏流や壁面短絡などによる影響が、本試験で用いた土槽に比べて大きかったことなどが考えられる。

3.2 液体の動粘度と透油係数の関係

Taylor によれば、多孔質媒体中の液体の透過係数 k が、下式のように流体の性質を表す粘性係数 μ_l と密度 ρ 、物理的透過係数 K_0 の関係で表されることが示されている²⁾。

$$k = \frac{\rho g}{\mu_l} K_0$$

また、西垣らによれば、上式をもとに、油の場合においても油の透過係数（透油係数）は粘性係数に反比例し、密度に比例することが確認されている³⁾。ここで、粘性係数 μ_l を密度 ρ で除した μ_l/ρ は液体の動粘度に相当する

ことから、透油係数は動粘度に反比例すると言える。したがって、移動速度はダルシー則に従い、動粘度が半分の油は移動速度が 2 倍速くなる。ここで、表-1に示すように、本試験で使用した灯油および流動パラフィンの粘性係数と密度から動粘度を算出した結果、灯油に対する流動パラフィンの動粘度の比は 15.6 となった。これは、本試験の油の回収速度比の 12 と比較的近く、本試験は以前の室内試験の結果と比べると液体の動粘度と油の回収速度との関係が理論式に近かった。ただし、実際には、油に加えて水と空気も含めた多相流であり、土壌間隙の飽和度が一定ではないため、厳密には物理的透過係数 K_0 も一定ではないことを考慮して評価・解析することが必要である。

4. 今後の課題

今回の実験で土層中から油をドレーン工法で回収できること、その移動速度が対象油の動粘度に反比例することが分かった。今後は現場で実証を行い、実地盤における油の吸引回収効果を確認し、工法の確立を目指す。

参考文献

- 1) 大塚誠治他：ドレーン工法を用いた油回収に関する検討，土木学会第 72 回年次学術講演会，pp.337-338，2017.
- 2) Taylor, D.W.：Fundamentals of Soil Mechanics, John Wiley & Sons, Inc., pp.104-122, 1961.
- 3) 西垣誠他：地盤への油の浸透に関する基礎的研究，土木学会論文集 C, Vol.63, No.1, pp.249-268, 2007.



写真-3 室内試験装置

表-1 灯油および流動パラフィンの物性

	粘性係数 (20℃) (mPa・s)	密度 (g/cm ³)	動粘度 (mm ² ・s)
灯油	1.40 [※]	0.800 [※]	1.75
流動パラフィン	23.01 [※]	0.845 [※]	27.23

※メーカー規格値から適用