

油の浸透機構に関する室内実験

復建調査設計株式会社

岡山大学

復建調査設計株式会社

正会員 ○菅野 雄一

正会員 西垣 誠

柴田 宣夫

1. はじめに

油による土壌の汚染がガソリンスタンドや工場用地の売却に伴う調査で顕在化しており、揚水回収、エアースパージング、微生物分解などの多くの優れた技術が実用化されている。効率的な浄化対策には、地盤内の油の汚染分布を適切に把握することが重要であると考えられる。

油は疎水性であり、ガソリン、軽油、灯油のように炭素数の小さい油の密度は水よりも小さいという特徴を有する。したがって、地盤中の油の移動機構はこれらの特性に基づき、地表面から地盤に浸入した油は不飽和帯を通じて、地下水面付近で地下水面に沿って移動することが知られている。本論では、油による土壌・地下水汚染機構を研究にするに当たり、油の浸透機構に関する基礎的な実験を行った結果を報告する。

2. 実験方法

実験に用いた土槽モデルの初期状態を写真-1に示す。実験には高さ 60cm×幅 70cm×奥行き 10cm の地盤モデルを用いた。土試料には豊浦砂を用い、乾燥密度を 1.5g/cm^3 とした。地下水の流れは、上流側の水頭 16cm、下流側の水頭 5cm とし、一定の水位を 1 ヶ月程度保った状態で実験を開始した。実験を開始時点では、上流側 14cm、下流側 22cm の不飽和帯が形成された。灯油の染料にはズダンⅣを用いた。

実験の流れは以下のとおりである。

- (1) 灯油をモデル上面より 24.5cm の高さで注入を開始。
- (2) 実験開始から 5 時間後に灯油の供給を停止。
- (3) 実験開始から 25 時間後に 14cm 水位を上昇。
- (4) 水位上昇から 43 時間 30 分後に測定停止して、ハンディジョスライサーにてサンプリングを実施。

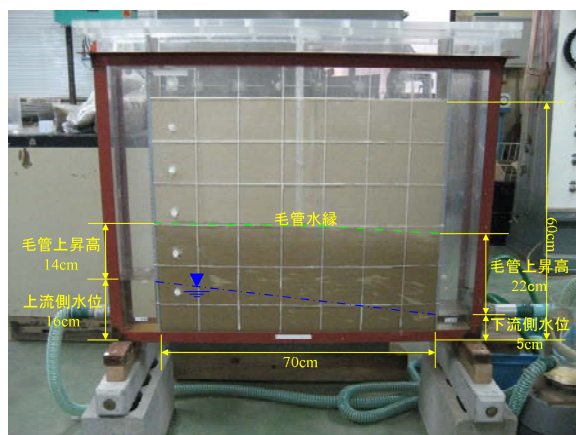


写真-1 初期状態

3. 実験結果

(1) 油の浸透実験

写真-2～写真-3 に油の浸透状況を示す。注入開始から 5 時間までの注入量は約 7.8 リットルである。写真-2 より、水分を含まない地盤モデル中を浸透する油は、球状に浸透することが分かる。写真-2 及び写真-3 より、油は毛管水縁に達すると、不飽和帯に浸入するとともに、水平方向へ広がる事が分かる。この結果より、油は地下水面まで達せず、不飽和帯で留まることが分かる。油が不飽和帯へ浸透する厚さは 2～7cm 程度である。



写真-2 注入開始から 1 時間



写真-3 注入開始から 2 時間 30 分



写真-4 注入開始から 5 時間

キーワード 油汚染, 不飽和浸透, 室内実験

連絡先 〒732-0052 広島市東区光町 2-10-11 復建調査設計(株) 地盤環境部 TEL082-506-1860

(2) 地下水位上昇に伴う油相の移流実験

油の注入を5時間で止め、そのままの状態では放置した。写真-5は油の注入停止から18時間時点の状況である。写真-5より、油が上下流側に流出していることが分かる。配管内へ流入し、水と混在した部分があるため、余り正確ではないが3.5リットル程度の油が流出した。特に、不飽和帯である深度30cmから深度20cmに灯油が溜まっていることが分かる。

次に、上下流ともに地下水位を14cm上昇させて、不飽和帯に滞留している油の移流状況を調べた。地下水位を上昇させてから、14分後に下流側の水位は所定の高さになった。また、写真-6より、水位の上昇に伴い毛管水が上昇し、不飽和の地下水の流れによって、油が下流側へと押し流されることが確認された。写真-7は、水位を上昇させてから43時間30分時点の状況である。下流側には約2リットル程度の油が流出した。不飽和の水の流れでは、全ての油を下流側へ押し流すことは難しく、土槽内に油が残留していることが分かる。

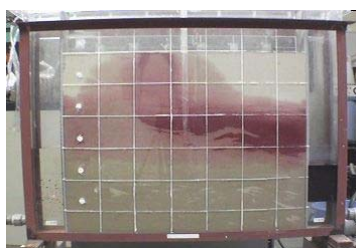
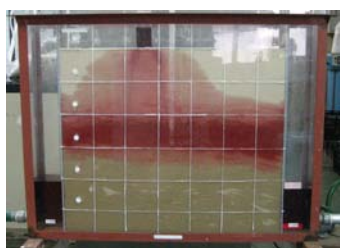


写真-5 注入停止から18時間

写真-6 水位上昇から9時間30分

写真-7 水位上昇から43時間30分

(3) 土壌 TPH 試験結果

注入箇所において、ハンディジオスライサーを用いて土壌をサンプリングし、土壌 TPH 試験を実施した結果及び体積液体含有率を図-1に示す。ここで、体積液体含有率とは、試料の乾燥時間を変えて、試料を乾燥させて、その試料重量の変化から、試料に含まれる油量と水量を求めて、体積含有率に換算した値である。体積含水率は、水面に近づくに伴い体積含水率が大きくなるべきであるが、図-1より、地下水面付近で体積液体含水率が小さくなっていることから、手法上の問題があると考えられる。

土壌 TPH 試験の結果では、不飽和帯に位置する深度22cmにおいてTPH濃度が高い。地下水面より上の不飽和帯に多くの油が溜まっていることが確認された。

4. まとめ

本論では、油の基礎的な浸透実験を行った結果を報告した。地表面より地盤に浸透する灯油は、球状に広がりながら浸透し、不飽和帯の上面である毛管水縁に達した段階で、更に水平方向へと広がるとともに、不飽和帯にも浸入することが分かった。また、水位を上昇させた結果、不飽和の地下水の流れによって地下水は下流側へと押し流された。自然環境下では、気候の変動や降雨の影響により、地下水位が変動する。今回の実験より、地下水位の変動に伴い、地盤中の油相の位置も容易に変動することが推測される。また、地下水位上昇後、下流側へと灯油は押し流されたが、土槽内に油が残っていることから、浄化技術として、揚水回収法だけでは完全に油を取り除くことは難しく、微生物分解等の浄化技術が必要であることを示しているといえる。効率的な浄化対策を実施する上では、油の汚染機構を解明し、汚染範囲を的確に捉えることが重要であると考えられる。

今後、降雨による影響や自然条件下と同様に初期状態から水を含む地盤に対する油の浸透実験を継続するとともに、油による土壌・地下水汚染機構を捉えるための調査手法を開発していく予定である。

