

廃棄物最終処分場からの漏水現象に関する実験的研究（第三報）

Experimental study on leakage phenomena from a sanitary landfill (part 3)

室蘭工業大学 ○学生員 北野 宏 (Hiroshi Kitano)
室蘭工業大学 正 員 吉田英樹 (Hideki Yoshida)
室蘭工業大学 正 員 穂積 準 (Hitoshi Hozumi)

1. はじめに

近年、廃棄物最終処分場からの汚染水漏出問題が社会的な関心事となっており、より安全性の高い処分場の建設・管理が求められている。現在、最終処分場の遮水工として、遮水シートが一般的に用いられているが、施工時の不備や埋立開始後の廃棄物中の突起物による破損などの可能性があり、これにより生じる汚染水漏水のリスクを評価する必要がある。本報では、遮水シートと地盤との接触条件を種々変え、水温及びシートにかかる水压を変化させた場合の漏水流量の変化を模擬実験により明らかにした。

2. 実験概要

図-1 に実験装置を示した。装置は模擬汚染水供給カラムと試料充填カラムからなる。模擬汚染水供給カラムは水位を一定に保てるようになっており、試料充填カラムの底部には試料を支持するための網が設置されている。試料上部表面には遮水シートを設置し、シート中心部には直径10mmの円形の穴を開けることによりシート

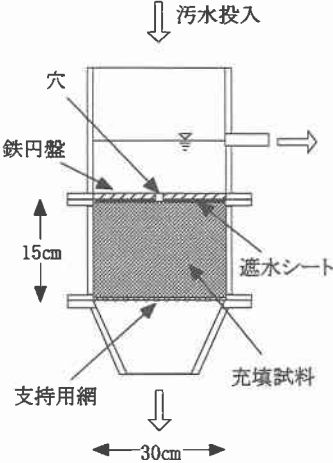


図-1 実験装置図

の破損を模擬した。また、カラム底部からの流出水の水量を測定できるようになっている。充填試料としては、シートの下に透水性の高い地盤がある状況を再現するため、比較的透水係数の大きい豊浦標準砂（平均径0.17mm）を用いている。これらの実験装置は断熱版で作られた部屋に収められ、エアコン等によって室温は一定に保つことができるようになっている。充填された試料は水分不飽和状態であり、カラム内の含水率分布が深さ方向にほぼ一定となるように、重量含水率約20％に調整して充填した。

実験は、試料充填後、カラム上部の水位を一定に保った状態で、種々の温度に調整した模擬汚染水を通水させ、底部からの漏水流量を測定した。

3. 実験条件

実験は水温、シート上の水位、シートと砂の接触状態を変化させて、表-1 の条件のもとで行った。条件 A、B、C は水温の違いによる漏水流量の変化を、条件 D、E、F、

G はシートと砂の接触状態の違いによる漏水流量の変化を比較するために設定した。また、条件 A、D、H、I は水位の違いによる漏水流量の変化を比較するために設定した。ここで、シート上の円盤は厚さ 2cm であり、シート上の砂は、シートにかかる圧力が円盤の場合と等しくなるように厚さ 10cm とした。いずれもシートと砂の密着性を高めるために設置した。また、シートのみの条件 E は、できる限りシートと砂が密着するように充填した。

また、予備実験として、充填試料の飽和透水係数を求めた結果、 $k_{UM} = 9.3 \times 10^{-5}$ [m/s]（水温 19℃）が得られた。

表-1 実験条件

条件	水温 [℃]	水位 [cm]	シートと砂の接触状態
A	20	7	シート上に円盤設置
B	30	7	シート上に円盤設置
C	40	7	シート上に円盤設置
D	20	23	シート上に円盤設置
E	20	23	シートのみ
F	20	23	シート上に砂設置
G	20	23	シートのみ・シート下に 1 cm の空間
H	20	30	シート上に円盤設置
I	20	55	シート上に円盤設置

4. 実験結果及び考察

本実験による測定値との比較のために、欧米の遮水構造の条件下で提案されている Giroud らの提唱している解法¹⁾ から得られる理論値を用いる。シート下の地盤の透水係数 k_{UM} の値により以下に示す式 (1) または式 (2-1) 及び (2-2) のいずれかを用いる。また、式 (3) のベルヌーイの式はシートからの最大漏水流量を与える。

$$Q = 0.976 \cdot C_{go} \left[1 + 0.1 \cdot \left(\frac{h}{t_{UM}} \right)^{0.95} \right] d^{0.2} \cdot h^{0.9} \cdot k_{UM}^{0.74} \quad (1)$$

$$\log Q = 0.3195 + 2 \log d + 0.5 \log h - 0.74 \left(\frac{5 + 2 \log d - \log k_{UM}}{n} \right)^n \quad (2-1)$$

$$n = 5.554 - 0.4324 \log d + 0.5405 \log h + 1.3514 \log C_{go} + 1.3514 \log \left[1 + 0.1 \cdot \left(\frac{h}{t_{UM}} \right)^{0.95} \right] \quad (2-2)$$

$$Q = 0.6a\sqrt{2gh} \quad (3)$$

Q : 漏水流量 [m³/s]、 C_{q0} : シートと地盤の密着特性係数 [-]、 d : 円孔の直径 [m]、 h : シート上の水位 [m]、 t_{UM} : 充填試料の厚さ [m]、 k_{UM} : 充填試料の飽和透水係数 [m/s]、 a : 穴の面積 [m²]、 g : 重力加速度 [m/s²]、但し、 $C_{q0}=0.21$ (密着性が高い場合) とする。また、条件 A、B では式 (1)、その他の条件では式 (2-1) 及び式 (2-2) を用いている。

図-2 に水温を変化させた時の漏水流量と水の粘性係数の変化を 20℃の時の値に対する比で示した。40℃の漏水流量は 20℃の約 1.5 倍になっている。また、この図から水温変化による漏水流量への影響は水の粘性係数の変化によるものであることがわかる。このため、実際の処分場で漏水流量を推定する際には、浸出水水温の変化による影響を考慮する必要があると考えられる。

図-3 は漏水流量の測定値と理論値を示している。この図から、シートと下の地盤の接触状態によって、測定値が 2 オーダーほどの範囲にわたって大きく変化していることがわかる。円盤を設置した条件 D とシートのみ条件 B を比較してみると、条件 B は条件 D の約 3 倍の漏水流量であった。このように、シートと砂がわずかに離れている状態でも漏水流量がかなり増加することがわかった。また、砂を設置した条件 F は、条件 D よりもさらに小さい値をとっているが、シートと充填試料の密着が良くなったことと、砂層内で圧力損失があったためだと考えられる。さらに、シート下に 1cm の空間があるような最も漏水流量が多いと考えられる場合でも、Giroud らの式 (密着性が高い場合) で求めた理論値とほぼ同じ漏水流量であり、Giroud らの式を用いた場合には漏水流量を大きく推定する、つまり安全側にある。

図-4 は水位に対する漏水流量の測定値と理論値の変化を示している。この図を見ると、測定値の変化の傾きは、ベルヌーイの式で求めた理論値の傾きとほぼ同じであり、漏水流量は水位の 0.4 乗に比例することがわかった。一方、Giroud らの式で漏水流量を推定した場合は、傾きがやや大きいことがわかった。

5. まとめ

本研究では最終処分場における遮水シート破損模擬実験を行い、破損部からの漏水流量について評価した結果、以下のような結論が得られた。

(1) 水温が上昇した場合、水の粘性係数変化により漏水流量が増加した (40℃で 20℃の 1.5 倍)。

(2) シートと下の地盤の接触状態によって 2 オーダーほどの範囲で漏水流量が変化した。また、Giroud らの提示式 (密着性が高い場合) で計算された値はその上限であり、かなり安全側にあることがわかった。

(3) シート上の水位が変化した時は、漏水流量は水位の 0.4 乗に比例し、ベルヌーイ式の計算値 (オリフィス流れ) と同じ傾向であった。

参考文献

1) J.P. Giroud, T.D. King, T.R. Sanglert, T. Haji-Hamou and M.V. Khire : RATE OF LIQUID MIGRATION

THROUGH DEFECTS IN A GEOMEMBRANE PLACED ON A SEMI-PERMEABLE MEDIUM、GEOSYNTHETICS INTERNATIONAL, VOL.4, NOS.3-4, 1997

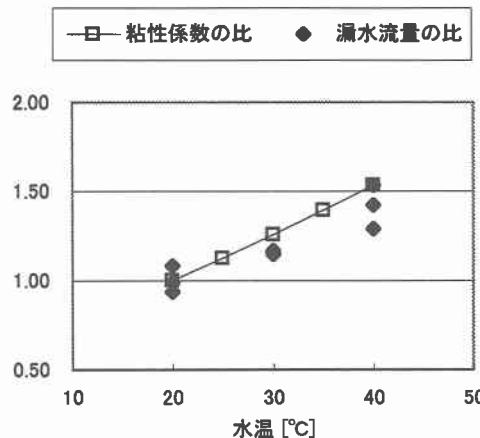


図-2 粘性係数の比と漏水流量の比



図-3 漏水流量の理論値と測定値



図-4 水位に対する漏水流量の理論値と測定値