

川崎製鉄株式会社 研究所 正員 ○藤本智也
 川崎製鉄株式会社 パイプライン室 正員 金野春幸
 岐阜大学工学部 正員 宇野尚雄

1. まえがき

近年、パイプラインによる流体輸送が経済的、能率的な見地から有効な手段であることが明らかにされ、我国においてもいくつかのプロジェクトが具体化されつつある。しかしながら諸外国の敷設環境に比して国土狭隘の我国では、たとえ小規模のパイプラインを企図するにしても管が人家密集地域ないしはその近辺を通る可能性もあり油類のパイプライン敷設については少なからず安全性の面で疑問点が多いと指摘されている。このうち現在の最重大事は埋設パイプ・ピンホールから土中への油類の漏洩であり、浸透・拡散現象によって短時間内に急速に汚染領域、危険領域が拡大する。したがって早急に解決しなければならない問題は、微小漏洩の検知技術の確立することであり、これに至らんとする基礎的研究として、また土の透水性と透油性(透水性という言葉に対比してここでは透油性という言葉を用いる)を対比せんとする実験的研究として着々らは本テーマをとりあげた。

2. 実験試料・装置および方法

2-1 実験試料

実験に使用した土は比較的均等な関東ロームと砂であり、その性質を表-1に示す。油には軽油を用い、比較のために水による実験もあわせて行った。軽油の比重はメスフラスコで、粘度はキャノンフエンスケ粘度計でそれぞれ測定したが、その値は $0.835(6^{\circ}\text{C})$ 、 $4.10 \text{ c.S.t}(30^{\circ}\text{C})$ を示した。

2-2 実験装置および方法

土の透油性を明らかにし、かつ透水性と比較するために関東ロームについてはJIS A 1218に規定されている変水位試験と、砂については定水位試験を実施して透油係数、透水係数を求めた。さらに水平方向の毛管透油性を明らかにし、かつ毛管透水性と比較するために関東ローム、砂のそれぞれについて水平一次元の毛管透油・透水試験を実施した。装置は図-1に示すごとく、透油あるいは透水区間となる管部が長さ約40cm、内径40mmの透明ガラス製の円筒でありここに試料土をつめる。円筒の一端にはゴム栓を通して細いガラス管が挿入され、このガラス管から二つのタンクに直結した二本の導管が分岐している。導管の途中にはバルブがあり、バルブの切り換えによって即時に二種類のヘッドが管端に付加できるとごく工夫されている。実験は $H_1 = 25\text{cm}$ 、 $H_2 = 80\text{cm}$ とし、まず最初にヘッドを25cmに設定しておき通油あるいは通水させて浸潤によるフロントの進行距離とその経過時間を測定してゆき、フロントの進行距離が25cmになった時点で直ちにバルブを切り換えヘッドを80cmに変えてフロントの進行距離が35cmに達するまで同様の測定をくりかえした。Lambeらは次式(1)、(2)を導きヘッド H_1 、 H_2 におけるフロントの進行距離 X^2 と経過時間 t の実測値から m_1 、 m_2 を求め、毛管透水係数 k 、毛

表-1 試料土の性質

土の種類	関東ローム	石少
性質		
間げき率	0.60~0.73	0.42~0.54
有効径の2乗 mm^2	4×10^{-4}	2×10^{-3}
均等係数	3.9	4.7

管透水性と比較するために関東ローム、砂のそれぞれについて水平一次元の毛管透油・透水試験を実施した。装置は図-1に示すごとく、透油あるいは透水区間となる管部が長さ約40cm、内径40mmの透明ガラス製の円筒でありここに試料土をつめる。円筒の一端にはゴム栓を通して細いガラス管が挿入され、このガラス管から二つのタンクに直結した二本の導管が分岐している。導管の途中にはバルブがあり、バルブの切り換えによって即時に二種類のヘッドが管端に付加できるとごく工夫されている。実験は $H_1 = 25\text{cm}$ 、 $H_2 = 80\text{cm}$ とし、まず最初にヘッドを25cmに設定しておき通油あるいは通水させて浸潤によるフロントの進行距離とその経過時間を測定してゆき、フロントの進行距離が25cmになった時点で直ちにバルブを切り換えヘッドを80cmに変えてフロントの進行距離が35cmに達するまで同様の測定をくりかえした。Lambeらは次式(1)、(2)を導きヘッド H_1 、 H_2 におけるフロントの進行距離 X^2 と経過時間 t の実測値から m_1 、 m_2 を求め、毛管透水係数 k 、毛

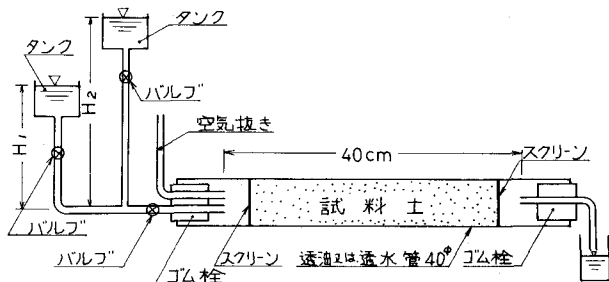


図-1 水平毛管透油・透水試験装置

管上昇高さ h_c が導かれることを提案した。すなわち

$$m_1 = 2k/\beta \cdot (H_1 + h_c) \text{------(1)}$$

$$m_2 = 2k/\beta \cdot (H_2 + h_c) \text{------(2)}$$

ここに m_1, m_2 ; x^2 - t 直線の勾配, H_1, H_2 ; ヘッド, k ; 毛管透水係数

β ; 貯留係数, h_c ; 毛管上昇高さ

3. 実験結果とその考察

変水位、定水位試験法による透油、透水係数の測定結果を表-2に示す。関東ロームについては透油係数は透水係数の約1.8倍の値であり、砂については透水係数が透油係数の2倍であり関東ロームと砂の透油性に対する傾向が相反している。図-2、3、4、5は関東ロームの毛管透油、透水

表-2 透油係数と透水係数 (JIS A 1218)

試料土	流体	初期含水比	初期飽和度 %	乾燥密度 g/cm^3	間げき比	透油透水係数 cm/sec
関東ローム	軽油	69%	63%	0.67	2.78	1.14×10^{-4}
	水	75	70	0.69	2.69	6.2×10^{-4}
石少	軽油	10	28	1.37	0.94	1.1×10^{-2}
	水	10	28	1.37	0.94	2.2×10^{-2}

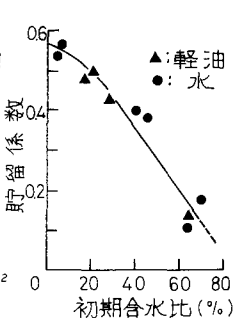
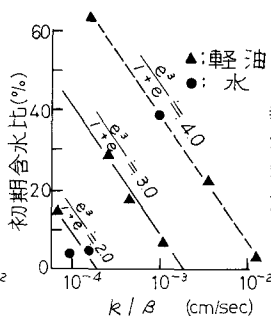
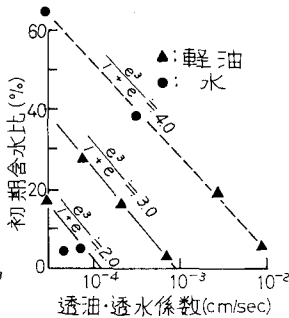
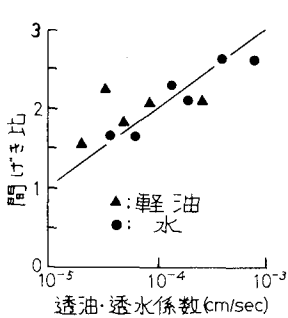


図-2 間げき比と透油・透水係数 図-3 初期含水比・間げき比と透油・透水係数 図-4 初期含水比と k/β 図-5 初期含水比と貯留係数

試験結果であり、図-6、7、8、9は砂の毛管透油、透水試験結果である。関東ロームの透油性、透水性は初期含水比と $e^3/(1+e)$ で比較的良好に整理され、含水比が低く間げき比が大きいほど通油、通水性は増し、片対数紙で直線表示される。この性質は k/β についても相通じる。砂の透油性、透水性は間げき比のみで十分評価できるが初期含水比による影響も推察される。この性質は k/β についても相通じる。関東ロームの貯留係数は軽油、水のいずれに対しても初期含水比に著しく左右され、含水比が10%以下でその値は0.55程度(間げき率約64%)となり、80%以上になるとほぼ零になる。砂の貯留係数についても関東ロームと同様に軽油、水のいずれに対しても初期含水比との相関が認められ、含水比の減少にともなってその値は漸増し、最大0.4程度(間げき率約42%)である。以上を総括するに関東ローム、砂の各々に対し、透油性、透水性には大きな差異はないといえる。

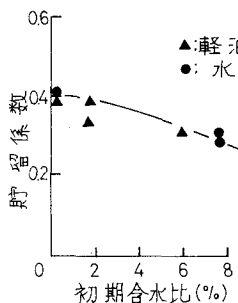
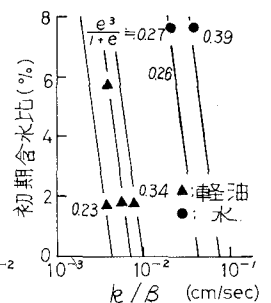
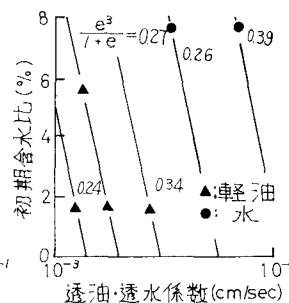
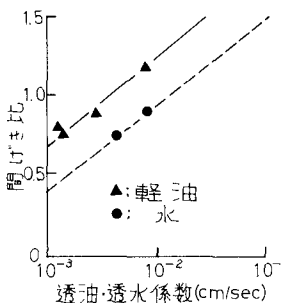


図-6 間げき比と透油・透水係数 図-7 初期含水比・間げき比と透油・透水係数 図-8 初期含水比と k/β 図-9 初期含水比と貯留係数