

東京理科大学理工学部土木工学科 正員 大 西 外 明
 長崎県庁 “ “ 大 我 龍 樹
 (株) 田枝建設 “ “ 田 枝 泰 治

1 緒 言

特に都市部地下工事の施工に際しては、種々の有毒ガスを含む地層に遭遇することが多く、安全かつ経済的な対策の立案が重要となる。その対策案としてはグラウトあるいは各種の薬液注入等の方法が挙げられるが、たとえば空気や水を地層内に圧入して有害ガスを除去もしくはトンネル掘削作業の間に掘削断面外に封じ込めておくことができれば、経済性の面から、あるいは、周辺環境への影響を低減しうる面から甚だ好ましいと考えられる。地層内に分布する有毒ガスを除去する材料として空気又は水を用いるにしろ、またセメントミルクその他の薬液を用いるにしろ、その際の流体の運動は水理学的には不飽和被圧透水層内の非定常流の問題となる。これと類似の問題としては石油掘削関係では、原油を水により押し出していく“原油を水によって置換する問題”¹⁾があり、単純な場合の解としてMuskatによるものがある。しかし、有害ガスを他の液体により置換する今の問題では流体の圧縮性を考慮に入れる必要があり、理論解をうることが非常に困難となる。また、この種の問題に関しこの模型実験および現地試験が行われた例は少ないように考えられる。この見地から著者らは、空気又は水により有害ガスを置換することの可能性と問題点を探る目的で模型試験を行な、たのど、その成果を報告して一般の参考に資したい。なお、本模型試験の結果を实地で検証する目的で現在現地試験も計画中中であるが、それについては別の機会に報告することにした。

2. 実験装置と条件

実験内容は2つに大別される。その第一は、地層の含水状態が透水係数に及ぼす影響を調べる基礎的試験であり、他の一つは被圧地層内でのガスと液体の置換しリチャージによるガス除去工法とよぶことに関する模型試験である。前者の試験では、図1に示す径15cm高さ70cmの円筒型圧力容器内に高さ30cmの試料土を入れ、下方より給気して、透気速度 v_w と試料土の上下端の圧力を記録した。その際、試料土として豊浦産標準砂を用い、試料土の水による飽和度 $S_w(\%)$ を表1のように変化させた。

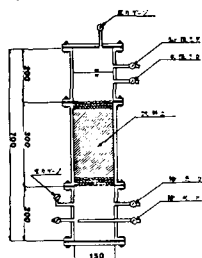


図1

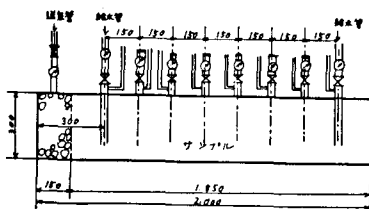


図2

表1 透気性試験時における試料土の飽和度 $S_w(\%)$

case S_w	1	2	3	4	5	6	7	8	9
飽和度	0.004	11.21	34.54	34.63	41.41	75.25	55.04	59.15	75.25

次にリチャージによるガス除去工法に関する模型試験は、図2に示すような長さ2m×巾15cm×深さの長方形の前面を耐圧ガラス張りにした鋼製耐圧容器(許容最大圧力3 $\times 10^8$ kg/cm^2)を用いて行なった。実験では、容器内に豊浦産標準砂をつめた上、容器の一端から水を注入し、それが多孔質内のガス(本試験では空気を使用)を排除しながら、浸透していく状態を観測した。その際、浸透水のフロントの位置を容器前面のガラス面に直接ス

ケッチし、また地層内の圧力はマンメータおよび圧力ゲージにより測定した。実験条件は表2に示す通りである

表2 リチャージ試験の条件

番号	項目	含水比%	間隙比e	間隙率m%	地層内圧力と排気孔の有無	注水圧 kg/cm^2
Case(1)		27.83	0.72	41.81	地層の初期圧を大気圧とし、排気孔を閉塞	0.23
(1)'		30.63	0.75	42.72	" "	"
Case(2)		31.66	0.70	41.34	地層の初期圧を大気圧とし、容器下流端の排気孔を開放	"
Case(3)		26.2	0	44.0	地層の初期圧を 0.1kg/cm^2 として8分間注水し、のち排気孔開放	"

3. 実験結果と考察

(1) 地層の水による飽和度(S_w)、送気圧と透気係数の関係 図1に示す装置により圧力勾配 $\lambda = (P_1 - P_2) / l$ (P_1 と P_2 はそれぞれ試料土の上下端の圧力、 l は試料土長)と透気速度 $v = Q/A$ (Q は透気流量 cm^3/sec , A は試料土断面積 cm^2)の関係を表1のCase4を例に示すと図3のようになり、その勾配から求めた不飽和透気係数 K_{nw} と試料土の水による飽和度(S_w)の関係を示すと図4となる。図4によれば与えられた S_w に対する K_{nw} が送気圧により変化しており、一見すると不合理である。しかし、これは空気の圧縮性を無視したためであり、圧縮性を考慮に入れて、すなわち質量保存則によって透気係数 K_{nw} を求めると図5となる。図5は地層の水による飽和度が高いほど空気等による有害ガス置換が困難であることを示唆している。

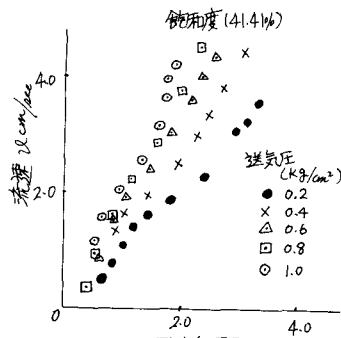


図3 透気試験の結果と関係

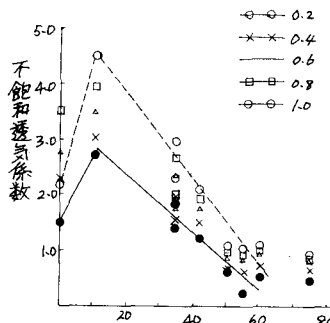


図4 水による飽和度 S_w (%)

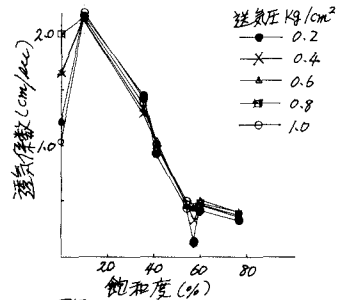


図5 補正された飽和度と透気係数の関係

(2) 水等の液体のリチャージによるガスの置換

図6の(a)(b)(c)はそれぞれ表2中のCase(1)(2)(3)のときの注入水のプロント位置の経時変化を表わす。Case(1)の実験後に容器の気密性をチェックしたところ洩気部分が発見されたが、それでも(a)と(b)との比較から、この工法では排気孔の設置が有害ガスの置換に甚だ有効であることがわかる。このことは、(c)図において、排気孔閉塞時の $t=8$ 秒までと排気孔を開いたのちの浸透水のプロントの移動状態を比較することより明瞭となる。

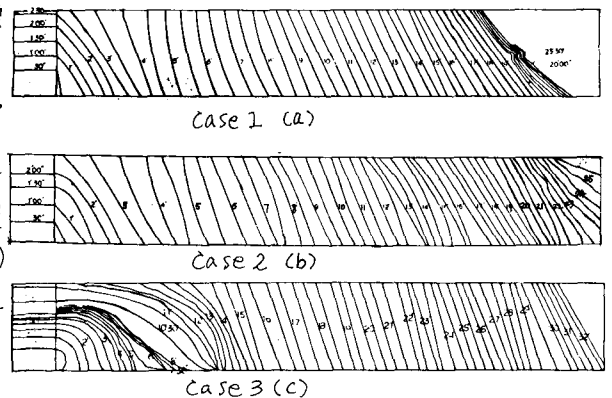


図6

参考文献

- 1) 本間・林編「続水理学(丸善)」, p293