

# 変水位透水試験機の試作について

森

博\*

## 1. 要 旨

土質工学会試験法委員会で審議作成された透水試験方法 JIS A1218 (案) に基づいて変水位透水試験機を試作した。試作は委員会の批判と討議を経て完成し、試作機について関東ロームと砂を混合した試料をもって室内試験を行いこの試験機が粘性のある砂質土により結果を示すことを確かめるとともに JIS 原案の実用性を裏づけることができた。

## 2. 変水位透水試験機の原理と製作の要点

JIS 原案によれば変水位透水試験機の原理は 図-1 の通りである。この試験機の目的は Darcy の法則が適用し得るような条件で変水位透水試験を行うにある。その物理的条件は

1. 試料および管路が水で飽和している。
2. 試験中試料の間ゲキ容積が不変であって土粒子の移動はない。
3. 浸透流は層流であって渦乱流を生じない。
4. 浸透流は定常流である。

などの4条件が考えられる。これらの条件をみたすため設計上考慮した要点は次の通りである。排気の際真空を要する管路はすべて透明なビニール管およびガラス管とし、ビニール管とガラス管の継手にのみゴム管を使用した。バルブは試作期間を短縮するためガラス製のコックを使用しグリースによって気密を保持することとした。ガラスコックはしばしば開閉する中に真空が破れやす

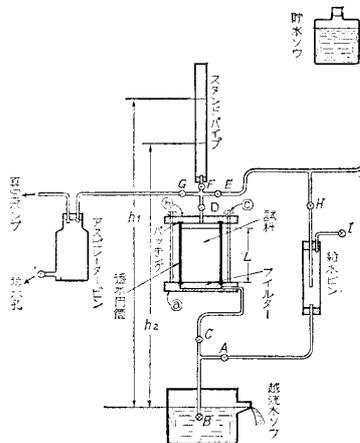


図-1

\* 株式会社土質調査所所長

く、将来は金属製のものにかえたいと考えている。

スタンドパイプから試料に至る管路は管の膨張による誤差を防ぎ不必要に高い水頭を与えないようにするため、ほとんど透水円筒の上ふたに直結した。設計図は 図-2 に示す通りである。装置をすべて一枚の板に固定して操作を簡便にした。スタンドパイプとバルブ A は試料の調製の際上ふたから取りはずす手数をはぶくため配置板の頂上に滑車をつけて上ふたとともに上昇するようにした。バルブ A は 4 方向バルブで 図-1 のバルブ D, E, F, G をかねさせ、バルブ B は 3 方向バルブで 図-1 のバルブ A, B, C をかねている。アスピレータースピンと溢流水ソウは配置板の背後に置いてあって溢流孔からスタンドパイプのゼロ点までの高さは固定されており、測定の時どはかる必要はない。

## 3. 透水試験機の操作法

この機械によって変水位透水試験を行うには JIS 原案 3.2 および 3.3 によればよいのであるが 図-2 について概要を説明すれば次の通りである。

- (1) 試料容器上ふたのネジを取り除き上ふたとスタンドパイプを引き揚げ透水円筒と底板を取り出す。
- (2) 試料容器を丈夫な台に載せ JIS 原案 3.2.1 から 3.2.7 に示す方法で試料を透水円筒につめる。
- (3) 試料容器に入った試料を所定の位置に置き上ふたをかぶせてネジを固く締めつける。
- (4) 貯水ソウに脱気した水をみだしバルブ A の操作で貯水ソウの水をスタンドパイプに入れる。A を閉じる。
- (5) バルブ B を閉じたまま D, C を開き貯水ソウの水を給水ビンに入れるとともにバルブ B からバルブ D までの気泡をバルブ C から排除する。
- (6) バルブ B を操作して水を溢流水ソウに流し溢流水ソウをみだすと同時にバルブ B から溢流水ソウまでの管路の気泡を排除する。気泡は管の継手や曲角に残りやすいからその部分を指先で軽くたたいて残存気泡を完全に排除せねばならない。管路の気泡がなくなったことを確かめて各バルブを閉じる。
- (7) 真空ポンプを動かし供試体と給水ビンを真空のすると湿った試料の場合はバルブ A を通って気泡が引かれるのが見える。また眼に見えないほどの小さな管路の

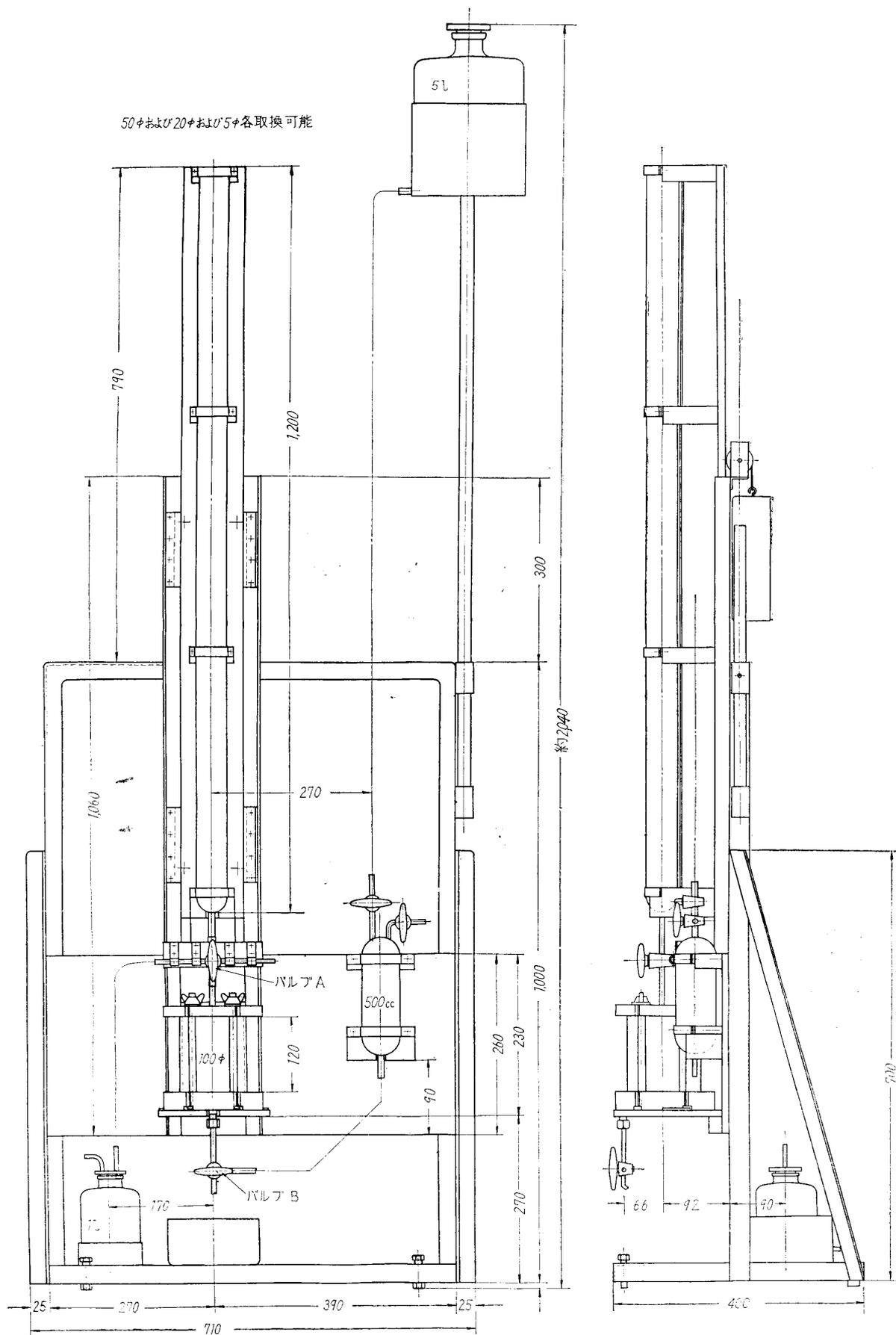


図-2

報 文・論 文

気泡が急に大きくなって引かれるのが見える。それとともに給水ビンの水は徐々に下部から上部へ供試体を飽和してバルブAに達する。供試体が砂ならばそのままAに達するが、粘性土では重力だけではなかなか飽和しない。

(8) バルブEを閉じバルブCをわずかに開くと粘性土でも水は試料内に進入してバルブAに達する。

(9) Aを閉じてCを全開し試料を大気圧に戻す。

(10) そこでふたたびCを閉じ真空ポンプを作動するともし空気が残っていればバルブAを通して気泡が引かれて行く。試料から気泡の発生しないことを確かめてから測定段階に入らねばならない。

(11) 測定はスタンドパイプ→供試体→溢流水ソウの管路に水を流してJIS原案の通りに行えばよい。

4. 粘土混り砂の変水位透水試験

2,000 $\mu$  フルイを通過する砂を 74 $\mu$  フルイで水洗し、微粒土を除いて空気乾燥した。関東ロームは 5.0 mm フルイを通過しない大塊を除いて後空気乾燥した。この両者を重量比で砂 100 に対しロームそれぞれ 5, 10, 20, 30, 50, 100 の比率で混合した試料を調製した。使用した砂とロームの粒度配合および混合土の粒度配合は 図-3 に示す通りである。

混合した材料を空気乾燥状態の含水比で JIS 1210 によってモールド内で突き固めモールドをそのまま透水円筒に使用して変水位透水試験を行った。

粘土の混入量の増すにしたがって透水性が低くなるのでスタンドパイプの径を次第に小さくした。使用した3種のスタンドパイプの断面積は次の通りである。

$$a_1 = 13.5 \text{ cm}^2$$

$$a_2 = 2.4 \text{ cm}^2$$

$$a_3 = 0.107 \text{ cm}^2$$

同じ試料について異った径のスタンドパイプを使って透水試験を行った結果、管路に漏水漏気のない限り得られた透水係数には大差なかった。

たとえば試料 S-30 を用いたものでは次の結果を得た。

$$k = 2.14 \times 10^{-3} \text{ cm/sec (} a_1 \text{ を用いた場合)}$$

$$k = 2.05 \times 10^{-3} \text{ cm/sec (} a_2 \text{ を用いた場合)}$$

また試料 S-100 については、

$$k = 4.05 \times 10^{-4} \text{ cm/sec (} a_2 \text{ を用いた場合)}$$

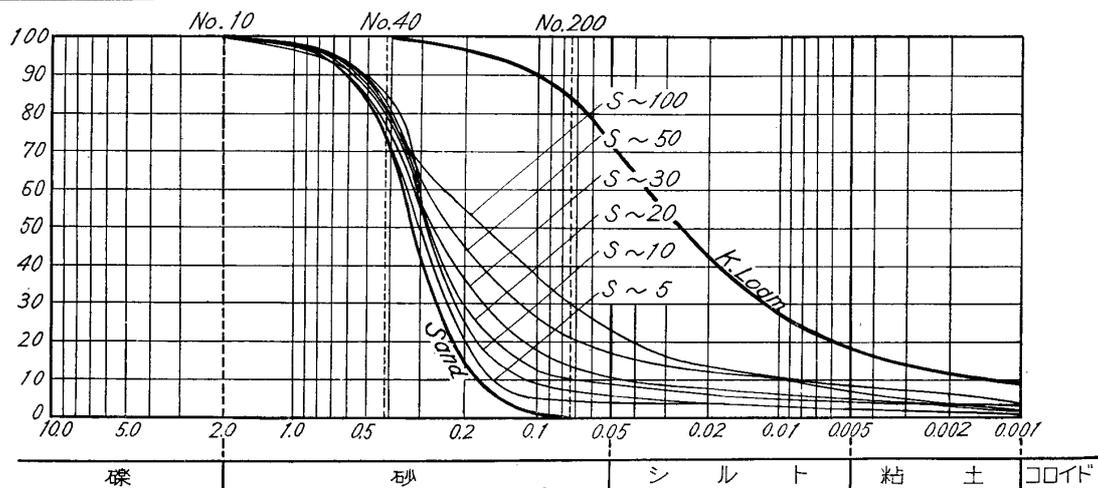
$$k = 4.04 \sim 4.37 \times 10^{-3} \text{ cm/sec (} a_3 \text{ を用いた場合)}$$

を得た。

また繰り返して同一の試料で透水試験を行った場合得られる透水係数のバラッキについては試料 S-100 でスタンドパイプ  $a_3$  を使って4回の測定から、

試料番号	採取深度	礫 %	砂 %	シルト %	粘土 %	コロイド %	60%径 mm	10%径 mm	均等係数	200番フルイ通過率	分類
S~5		0	96	2	1	1	0.35	0.15	2.3	5	
S~10		0	94	4	1	1	0.30	0.11	2.8	7	
S~20		0	91	5	0	4	0.32	0.070	4.6	10	

粒径加積曲線



試料番号	採取深度	礫 %	砂 %	シルト %	粘土 %	コロイド %	60%径 mm	10%径 mm	均等係数	200番フルイ通過率	分類
S~30		0	90	5	3	2	0.31	0.048	6.5	14	
S~50		0	83	10	4	3	0.29	0.0090	32.2	21	
S~100		0	77	15	4	4	0.25	0.0085	29.4	30	

表—1 変水位透水試験結果一覧表

試 料 番 号	S-5		S-10		S-20		S-30		S-50		S-100	
	前	後	前	後	前	後	前	後	前	後	前	後
土 粒 子 比 重 $G_s$	2.80		2.78		2.78		2.77		2.80		2.80	
試 料 重 量 $W$ (gr)	1474	1660	1457	1840	1370	1688	1347	1680	1340	1624	1235	1560
高 さ $L$ (cm)	11.6	11.6	12.0	12.0	12.4	11.7	12.4	11.9	12.0	12.0	12.6	11.9
体 積 $V$ (cm <sup>3</sup> )	910	910	941	941	973	918	973	934	941	941	990	934
含 水 比 $W_c$ (%)	3.4	30.0	6.6	31.3	7.9	39.6	10.2	44.4	20.0	50.0	22.4	61.6
湿 潤 密 度 $\gamma_t$ (t/m <sup>3</sup> )	1.47	1.83	1.46	1.84	1.41	1.84	1.38	1.80	1.34	1.73	1.25	1.67
乾 燥 密 度 $\gamma_d$ (t/m <sup>3</sup> )	1.42	1.41	1.37	1.40	1.31	1.32	1.25	1.25	1.12	1.15	1.03	1.03
間 ゲ キ 比 $e$	0.973	0.985	1.03	0.986	1.12	1.11	1.22	1.22	1.50	1.43	1.72	1.72
飽 和 度 $S$ (%)	9.77	85.2	17.8	88.2	19.6	99.2	23.2	100	37.3	97.9	36.5	100
水 温 $t$ (°C)	22		22		22		23		22		22	
透 水 係 数 $k_t$ (cm/sec)	$3.35 \times 10^{-3}$		$3.07 \times 10^{-3}$		$2.65 \times 10^{-3}$		$2.14 \times 10^{-3}$		$1.21 \times 10^{-3}$		$4.37 \times 10^{-4}$	

$k = 4.37 \times 10^{-4}$  cm/sec

$k = 4.20 \times 10^{-4}$  cm/sec

$k = 4.39 \times 10^{-4}$  cm/sec

$k = 4.04 \times 10^{-4}$  cm/sec

を得た。このように透水係数の2桁以上の数値は誤差を含み、信頼し得る数値は1桁のみと考えられる。

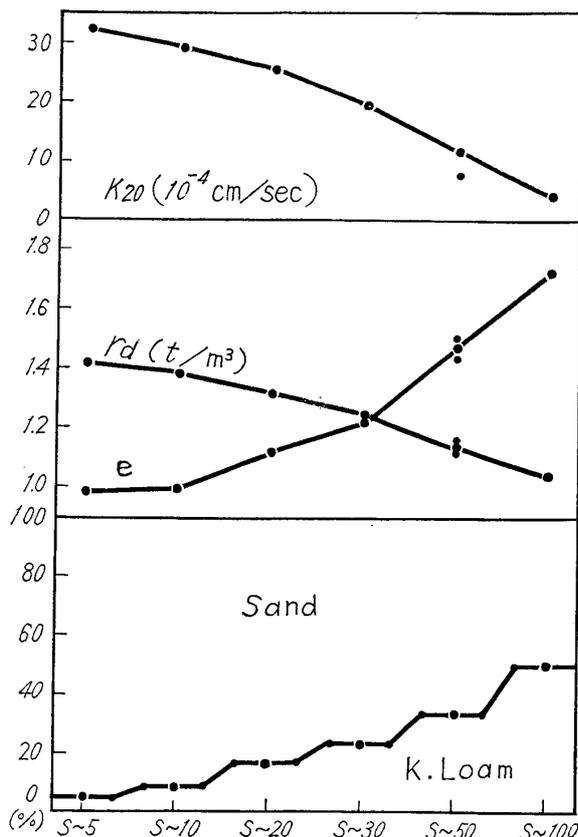
試料の飽和に関しては表—1のようにS-30, S-50を除いては99%以上の飽和度を示し、有効粒径8.5 $\mu$ , 透水係数 $k = 4 \times 10^{-4}$  cm/secの粘性土もこの装置と方法で完全に飽和し得ることがわかった。試料S-5, S-10の飽和度が低いのは、単位重量測定の際脱水したものとと思われる。

試験結果を図示すれば図—4の通りで透水係数は粘土の混入量の増加とともに $3 \times 10^{-3}$  cm/sec から  $4 \times 10^{-4}$  cm/sec までほぼ直線的に低減している。

透水試験の結果はオーダーしか信用できないといわれるが、この試験結果で明らかなように Darcy の法則の必要条件をみたすような装置と試験法が採られる限り少くとも1桁の数値は信用しうる透水係数が得られることがわかった。

5. あとがき

この試作研究に当って試験機的设计製作に関し機械コンサルタント今野氏の御協力を得た。また室内透水試験は土質調査所技師酒井運雄君が担当した。ここに感謝と



図—4

敬意を表するものである。

またこの試験機的设计図は土質工学会に保存されており、会員の自由な使用に供せられている。