

近及びそれより大なる含水率を有する土について研究を行つた。実験装置、測定方法は第1報と略々同じであるが、今回はその後の実験結果に基づき、更に明かにし得た点をまとめて報告する。

鋼線で吊り下げる振子の下部を土中に插入し、その振れ振動により土に剪断的な力を加え、振子の振動周期及び減衰状態を光学的に記録し、それらを振動論的に解析した結果、土の示す抵抗 N は $N = \lambda \frac{d\theta}{dt} + \mu \theta + R$ で示されることが判つた。こゝに λ 、 μ は夫々土の粘性及び弾性に比例する常数と考えられる。

実験は吉田山ローム、大阪築港粘土、土岐口蛭目粘土等について行つた。減衰振動の複振幅を $W_1, W_2 \dots W_k, W_{k+1}, \dots$ 、周期を T_1, T_2, \dots として測定記録より $W_k - W_{k+1}$ 曲線及び $W_k - T_k$ 曲線を画いた結果は夫々図-1のOAB 曲線及び PQR 曲線で代表される様な曲線であり、AB 及び QR の部分は直線となり、AB の勾配は減衰比 v を、QR は一定の周期 T' を與える。図の A 及び Q 点に相当する複振幅は略々一致し、この複振幅に相当する振り角より大なる回転の範囲に対するは、弾性及び粘性抵抗は一定であり、この T' 及び v の値より計算して λ 及び μ が求められる。又 BA の延長と縦軸との交点 C の原点 O からの距離 OC には $OC = 2\rho(1+v)$ で示される関係があり、これより求めた ρ より計算して ρ を得る。この λ 、 μ 、 R に夫々装置の常数をかけることにより粘性係数 η 、弾性係数 G 及び抵抗 f の値が求められる。

土の含水率と T' 、 v 、 ρ との関係、及びこれより求めた η 、 G 、 f との関係を図-2 に示す。これら η 、 G 、 f の値は含水率の増加により急激に低下し、その低下の度合は含水率大となるにつれ次第に緩慢となる。

更に大阪築港粘土、蛭目粘土等に豊浦標準砂を混入した場合につき実験したが、これらの実験結果を総合し、土の粘弾性的な性質ならびにそれに附随した種々の事項につき詳細な説明を加えると共に、その物理的意義を明かにする考えである。

本研究は著者等が京都大学在学中、石原教授、松尾助教授御指導の下に文部省科学研究費を以て実施したもので、こゝに関係方面に謝意を表する次第である。

図-1

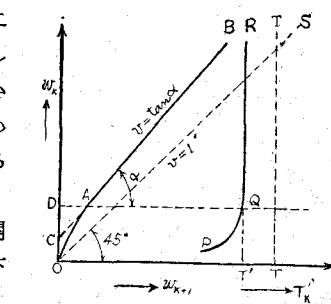
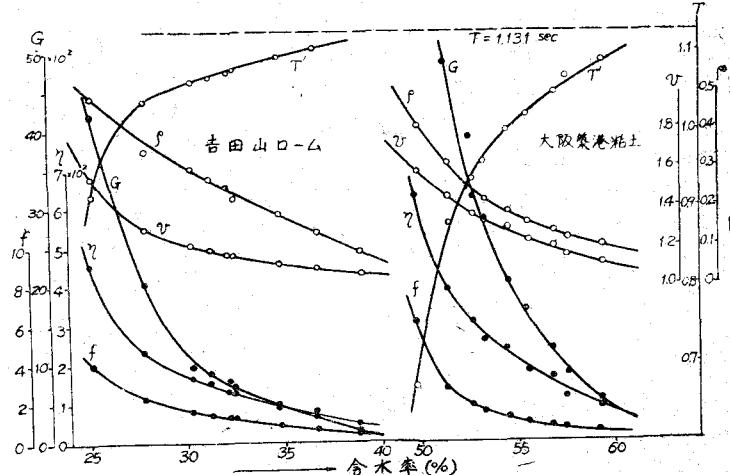


図-2



(54) 粘土質土壤滲透係数の新実験公式について (20分)

建設省北上川上流工事事務所 吉永 斎

從来、粘土質土壤滲透係数を算定する場合、理論、半理論実験或いは実験等による諸公式が用いられているが、総てその構成している粒子の有効径を基礎にして行はれている。然し、粘土質土壤の有効径の測定は Terzaghi 博士も指摘せられているが、仲々容易でなく公式の実用化は困難である。

著者は西台、軍馬の池、及び東遼河の 3 土壤堤の築造並びに改良調査の経験により滲透係数、粘土分含有量、間隙量、塑性指数、及び滲透水の温度の相互間に特定の関係が成立することを認め、次式を実験的に誘導した。

$$K = C \cdot V_t^{-1} \cdot I^{-3} \cdot N^{-12} \cdot P^{24} \dots \dots \dots (1)$$

茲に K : 滲透係数 (cm/min)

$$V_t: \text{滲透水温 } t^\circ C \text{ に於ける動粘性係数} = \frac{0.01779}{1 + 0.033t + 0.000221t^2}$$

N : 粘土分含有量 (%), 粘土分は粒径 0.005m.m. 以下とした。

I : 塑性指数 (%) P : 間隙率 (%)

C : 土質による係数で 2×10^{-23} を以て代表してよい

即ち、(1) 式によれば滲透係数は間隙が大となれば増し、粘土分含有量及び塑性指数が多いものほど減少することを意味している。此際、特筆すべきことは滲透係数に対し間隙の及ぼす影響が粘土分含有量よりも遙かに大きなことである。一般に、粘土質の少ない土壤は塑性指数の測定が困難となり、或いは不能となり正確さは期待出来ない。聖台土壌堤を例にとれば粘土分が約 30% 以下になれば実測不能であつた。此處に於て、塑性指数は K に対し P 及び N に次ぎ重要な影響を與えているが、本項を式中に含めずに簡易測定の出来る N と P とによって迅速適確に算定をなしうるよう以し、かつ普遍的実用価値にまで本式を高めるべく、前述 3 箇所 (18資料) の外に有力な内外文献よりの資料を併せ加え、計 11 ケ所 (42資料) につき実験式の説導を行い、茲に次式を提案した。

$$K = C \cdot V_t^{-1} \cdot N^{-7} \cdot P^{15} \dots (2)$$

但し、(2) 式の符号説明は(1)式と同様であるが、 C の値は $1 \times 10^{-21} \sim 1 \times 10^{-20}$ の範囲を示し、実用上 4×10^{-2} を以て代表した。 N 及び P の乗指数は実験的に夫々決めたが、これ等は塑性指数の函数にて表現されるべきものと推定される。本問題は今後の研究に俟ちたい。粘土質土壤は同一粘土含有量の場合、 K と P との間には $K = a \cdot P^m$ なる関係がある。茲に、 a 及び m は土質によつて異なる常数であつて概ね m は 24~8 の範囲の数值を示しており、東遼河及び軍馬の池での土質は $m=24$ であり、聖台の土質は粘土分の多いものはほぼ前者に近似していた。

いま、聖台、軍馬の池及び東遼河の 3 群につき (1) と (2) の両式による算定値 (K) を求め、その実測滲透係数 (K_0) との値差比 (D) を算出すれば表-1 の如く

表-1 実験式(1)及び(2)の値差比表

なる。

即ち、その精度は式中に塑性指数の項が入つてゐる。

(1) 式が (2) 式より良好であるが、その差異は少ない。提案した本公式に於て、 $C=4 \times 10^{-21}$ とし各資料差地別 11 群毎に値差比を平均して、その値を比較すれば表-2 及び圖-1 の如くなつた。

種別	聖台			軍馬の池			東遼河			総合		
	資料数	D	資料数	D	資料数	D	資料数	D	資料数	D	資料数	D
III-A $K = 2 \times 10^{-21} V_t^{-1} N^{-7} P^{15}$	5	-0.56	4	-0.25	5	+0.06	15	-0.27				
	7	+2.08	4	-0.25	5	+0.06	16	+0.87				
IV-A $K = 4 \times 10^{-21} V_t^{-1} N^{-7} P^{15}$	9	+0.57	4	+4.97	5	-0.37	18	-0.92				

摘要 (1) 値差比 $D = \frac{K_0 - K}{K_0}$ K : 公式算定値 K_0 : 実測滲透係数 K_0 $K > K_0$
 (2) K_0 : 実測滲透係数 K_0 : 公式算定値 K $K < K_0$
 (3) K_0 : 公式算定値 K

(2) 聖台資料中塑性指数の観測不能なもの 2 資料あり。

表-2 著者公式算定値と実測滲透係数 K_0 との値差比一覧

群別	I			II			III			IV			V			VI			VII			VIII			IX			X			XI			総合		
	箇所名	聖台、軍馬の池 (北英連)	東遼河 (遼洲)	GROSBOIS	CERCEY	PARIS	BEKLEME	GOLDEN HORNE	長瀬 (滿洲)	萬金屯 (滿洲)	凌河 (新瀋)	聖台 (北英連)	軍馬の池 (遼洲)	東遼河 (遼洲)	長瀬 (滿洲)	萬金屯 (滿洲)	凌河 (新瀋)	聖台 (北英連)	軍馬の池 (遼洲)	東遼河 (遼洲)	長瀬 (滿洲)	萬金屯 (滿洲)	凌河 (新瀋)	聖台 (北英連)	軍馬の池 (遼洲)	東遼河 (遼洲)	長瀬 (滿洲)	萬金屯 (滿洲)	凌河 (新瀋)	聖台 (北英連)	軍馬の池 (遼洲)	東遼河 (遼洲)	長瀬 (滿洲)	萬金屯 (滿洲)	凌河 (新瀋)	
資料数	9	4	5	5	3	3	4	3	3	2	1	42																								
P (%)	49.74	58.14	36.00	35.95	33.53	42.53	45.45	28.57	45.66	53.77	61.62	28.57	58.53	62.05	32.62	59.69	61.19	58.53	62.05	61.19	59.69	61.62	28.57	58.53	62.05	32.62	59.69	61.19	58.53	62.05	61.19	59.69	61.62	28.57		
N (%)	23.15	50.50	39.00	30.00	44.00	61.00	77.10	26.20	19.92	15.92	63.08	5.92	73.39	59.58	45.45	63.08	77.10	26.20	19.92	15.92	63.08	5.92	77.10	59.58	45.45	63.08	77.10	26.20	19.92	15.92	63.08	5.92	77.10			
K(cm^3/min)	4.27×10^{-9}	204×10^{-9}	327×10^{-9}	80.00×10^{-9}	4.00×10^{-7}	4.70×10^{-7}	4.00×10^{-6}	4.70×10^{-7}	4.00×10^{-6}	5.86×10^{-7}	8.00×10^{-7}	4.00×10^{-6}	4.70×10^{-7}	4.00×10^{-6}	4.70×10^{-7}	4.00×10^{-6}	5.86×10^{-7}	4.00×10^{-6}	4.70×10^{-7}	4.00×10^{-6}	5.86×10^{-7}	8.00×10^{-7}	4.00×10^{-6}	4.70×10^{-7}	4.00×10^{-6}	5.86×10^{-7}	8.00×10^{-7}	4.00×10^{-6}	4.70×10^{-7}	4.00×10^{-6}	5.86×10^{-7}	8.00×10^{-7}	4.00×10^{-6}	4.70×10^{-7}		
値差比	+0.57	-4.97	-0.37	+1.60	-4.30	+1.93	+4.39	+9.58	-7.71	+8.82	-10.07	+0.72																								

次に、權威者の公式との精度比較は粒子の有効径、粘土含有量、滲透係数及び間隙量を一貫測定の Terzaghi 及び Mayer 博士の実験値により検討した処、表-3 及び図-1 の如く、本実験式は著名公式に比して遜色のないことが確かめられ、かつその適用範囲は粘土分含有量 16% 以上、間隙率は 28%~67% であり、從來公式よりも実用範囲が拡張されている利点をも有して

いる。

以上により、粘土質土壤滲透係数の算定には粒子の有効径によらずに本公式に基づいて、精度よき所期の値を求められることを一応確認したので、世の同学の士にその是非正誤を乞ひ、かつ本式の完璧を期すには爾後は多くの実験成果を必要としていること、及び土壌堤並びに一般河川堤防の不滲透性を期待される部分には、粘土分のより多き含有量及び塑性度の高いものが必要なことは勿論であるが、それにもまして、そ

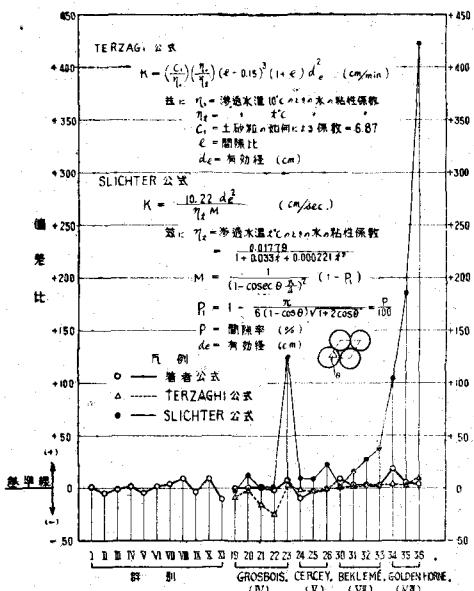
表-3 従来公式と著者公式との精度比較

群別	箇所名	実験者	資料数	値 差 比		
				TERZAGHI公式	SLICHTER公式	著者公式
IV	GROSBOIS	MAYER	5	- 9.06	+ 27.15	+ 1.80
V	CERCEY	MAYER	3	- 1.51	+ 13.85	- 4.30
VI	BEKLEME	TERZAGHI	4	- 2.39	+ 21.14	+ 4.39
VII	GOLDEN HORNE	TERZAGHI	3	- 6.31	+ 237.69	+ 9.58

の間隙の疎密が大きな因子を示し、施工の良否が築上耐水構造の死活を握つてることを附言すべく本論を草した。

- 1) 岩岡武博 聖台貯水池土堰堤工事報告(土木学会誌第25巻第7号、昭和14年7月)
- 2) 筱原節男 著者 軍馬の池土堰堤漏水系統の探査と其の対策(土木学会誌第26巻第5号、昭和15年5月)
- 3) 著者 東遼河土堰堤の断面決定法(建設省東北地方建設局第回技術研究会論文集、昭和24年6月)
- 4) Grosbois Mayer. (註6参照)
- Cercey 同上
- Paris H. Lossier. (Le Genie Civil Tome V 1934)
- Beklemé Terzaghi (註5参照)
- Golden Horne 同上
- 長灘 濬戸一郎、堤防浸潤線試験報告書(大陸科学院報告昭和18年1月)
- 黄金屯 同上
- 浅河原 信濃川電氣工事浅河原調整池(鉄道省大臣官房研究所土質調査報告第5輯)
- 5) Terzaghi Erdbaumechanik auf Bodenphysikalischer Grundlage—Konstantinopel am 12 April 1924
- 6) Mayer Characteristic of Materials Used in Earth Dam Construction Stability of Earth Dams in Cases of Reservoir Discharge (Second Congress on Large Dams, Washington, 1936 Volume IV)

圖-1 従来公式との精度比較並に群別値差比一覧



(55) 堤体の滲透に関する実験的研究(其の3) (20分) ——(自由流線の決定)——

徳島大学 久保田敬一

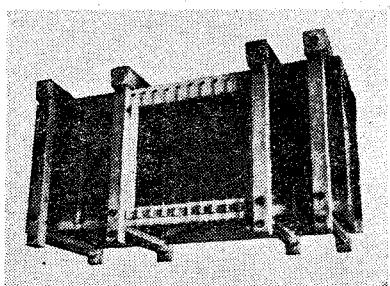
筆者は実験水槽(巾46cm, 高さ75cm, 長さ152cm, 写真参照)の中央に60cmを隔てゝ金網を張り, その中に土砂を填めて堤体を作つた。かくの如き装置によつて堤体の滲透に関する幾多の実験的研究を行つて來たが今研究報告其の3として自由流線の決定に関する実験結果を茲に報告しようと思う。

自由流線は研究報告其の2に於て説明した方法によつて水位管の読をとつて決定したが, その結果の中下流側灌水池の水深 $h_1=0$ の場合の結果を表示すれば表-1に示す通りである。又之を図示すれば圖-1に示すように滑らかな曲線を示す。之等の実験から(1) h_a は h_1 より大きく減少しており, この値(A)は h_1 の大きい程顯著である。

(2) 自由流線の形は下流に行く程曲率は大となり, h_j , h_u 間に於て水位差は最も大きい。

表-1

寫真-1



x	$y^2 = 2.5x + 4.84$	実測値	$y^2 = 18.07x + 6.67$	実測値	$y^2 = 12.26x + 4.23$	実測値	$y^2 = 7.57x + 3.69$	実測値	$y^2 = 4x + 2.89$	実測値	$y^2 = 1.57x + 1.82$	実測値
0	2.2	2.2	21.6	21.6	2.07	2.07	1.92	1.92	1.70	1.70	1.35	1.35
60	12.4	12.7	10.63	10.8	2.82	9.0	7.0	7.2	5.18	5.4	3.35	3.5
120	22.4	17.6	14.88	15.0	12.30	12.4	9.72	9.8	7.13	7.2	4.55	4.6
180	32.3	21.4	18.16	18.2	15.20	15.1	11.83	11.9	8.65	8.8	5.48	5.5
240	42.9	24.5	20.94	21.0	17.28	17.3	13.61	13.7	9.94	9.9	6.28	6.3
300	52.7	27.1	23.38	23.5	19.29	19.3	15.18	15.2	11.09	11.1	6.99	7.0
360	62.6	29.8	25.60	25.3	21.11	21.1	16.61	16.6	12.12	12.0	7.64	7.6
420	72.4	32.3	27.63	27.9	22.77	22.7	17.92	17.8	13.07	13.0	8.23	8.2
480	82.1	36.2	29.53	29.1	24.35	24.2	19.15	19.1	13.96	13.8	8.79	8.7
540	91.8	36.4	31.31	30.8	25.81	25.7	20.30	20.2	14.80	14.6	9.31	9.2
600	101.5	40.0	33.00	34.0	27.21	28.0	21.38	22.0	15.59	16.0	9.80	10.0