

港 灣 技 研 資 料

TECHNICAL NOTE OF
PORT AND HARBOUR RESEARCH INSTITUTE
MINISTRY OF TRANSPORT, JAPAN

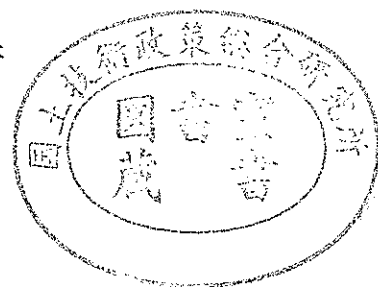
No. 48 June 1968

圧 密 度 数 値 表

— 付録：圧密の図解法 —

土 田 肇

運輸省港湾技術研究所



目 次

要 旨

1. ま え が き	4
2. 計 算 の 概 要	4
2.1 計 算 式	4
2.2 計 算 の 精 度	5
2.3 数 値 表 の 計 算	5
3. あ と が き	27
参 考 文 献	27
付 録	29

TABLES OF CONSOLIDATION

Hajime TSUCHIDA*

Synopsis

The one dimensional consolidation of a clay layer sandwiched between two pervious sand layers has been solved mathematically by K. Terzaghi. The tables and diagrams for degree of consolidation are easily found in textbooks on soil mechanics. But engineers and researchers often have to make interpolation to get a value of degree of consolidation for a certain time factor, because in the most of the tables or diagrams, the intervals of time factors for which the values of degree of consolidation are given, are relatively large. To eliminate such inconvenience, the values of the degree of consolidation were calculated for the small intervals of time factors with an electronic digital computer, TOSBAC-3400. The results are tabulated as shown in Table 2. A program for the calculation written in KT-FORTRAN which is similar to IBM 709/7090 FORTRAN II is listed in Table 4. The accuracy of the calculation was examined by a trial calculation with the program in Table 5. It was confirmed that the values of the degree of consolidation calculated herein are given correct at least to five decimal places.

* Chief, Earthquake Resistant Structure Laboratory.

圧 密 度 数 値 表

一付録 圧密の図解法一

土 田 肇*

要 旨

透水性の大きい砂層にはさまれた粘土層圧密度の解析解の詳しい数値計算を行ない、粘土層を20等分した各点での圧密度と粘土層全体についての平均圧密度の数表を作った。

数値は小数点以下4桁まで示してある。表に示された数値が全桁有効数字であることは試算により確かめてある。

付録に圧密の図解法を示した。

1. ま え が き

透水性の高い砂層にはさまれた粘土層が、上載荷重の増加等の原因で圧密されるときに圧密度については、解析解が求められていることは多くの土質力学の教科書に示されている¹⁾。また、その解についての数値計算も行なわれて、平均圧密度と時間係数の関係を示す数値表や、粘土層内の各深さにおける圧密度を示すグラフ（圧密等時曲線）も求められている²⁾。しかし、これ等の数値表は時間係数の間隔が比較的大きく、数値表に出ているものの中間の値がほしいことがある。また圧密等時曲線を作るときにグラフに示されたものを読み取ってプロットし直すのでは、手数もかかり精度上も思わしくない。一般の設計々算などでは、すでに発表されている数値表やグラフで充分なことも多いが、研究的な作業などではもう少し詳しい数値表がほしいことが多い。

このような不便を解消するために、デジタル電子計

算機により数値計算を行ない、圧密度は3桁、平均圧密度は4桁の数値表を作った。

2. 計算の概要

2.1 計 算 式

図-1に示すように、上下の境界面が排水状態にある粘土層の圧密度は次式で表わされる。

$$\left. \begin{aligned}
 U_z &= 1 - \sum_{m=0}^{m=\infty} \frac{2}{M} \left(\sin \frac{Mz}{H} \right) e^{-M^2 T} \\
 M &= \frac{1}{2} \pi (2m+1) \\
 T &= \frac{C_v t}{H^2}
 \end{aligned} \right\} \dots\dots(1)$$

ここに、 U_z : 粘土層の表面から z の点の圧密度
 T : 時間係数
 z : 粘土層上面からの距離 (cm)

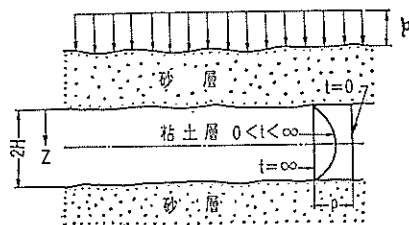


図-1 粘土層の圧密

* 構造部 耐震構造研究室長

H : 粘土層の厚さの半分 (cm)
 Cv : 圧密係数 (cm²/sec)
 t : 時間 (sec)
 e : 自然対数の底

また、平均圧密度は次式の通りである。

$$U = 1 - \sum_{m=0}^{m=\infty} \frac{2}{M^2} e^{-M^2 T} \dots\dots\dots(2)$$

本資料に示す数値表は、式(1)および式(2)の数値計算を行なったものである。

2.2 計算の精度

式(1)および式(2)に示された圧密度の解析解は無級数であるので、mがゼロからいくつまでとれば希望の精度が得られるかを調べなければならない。式(1)の右辺にある級数項は T=0 のとき粘土層全体で 1.0 に収束する。したがって級数の収束にとっては T が小さいときほど不利な条件となる。ここで計画している数値表では T の最小値は 0.001 で、z/H は 0.1 刻みとする予定である。そこで T=0.001 のときの z/H=0.05, 0.5, 1.0 における Uz の級数部分を、合計する項数を 1 から 50 まで順々に変えて計算してみた。時間係数から圧密度を求めるための計算は表-4 に示すプログラムで行なった。計算結果は表-1 の通りである。表中 DELTA として示されているものは級数の各項を単独に計算したものであり、U として示されているものは No. の欄に示されているだけの項数を合計したものである。たとえば、No. が 10 のとき DELTA (Z/H=0.05) が 0.274142E-001 ということは、T=0.001 で z/H が 0.05 のとき、式(1)の右辺の級数の第 10 番目の項 (m=9) は 0.274142×10⁻¹ ということである。数値の表わしかたは FORTRAN でいう E タイプとなっているので、数値のうしろの E-001 は、その前の数値に 10⁻¹ を乗ずることを示している。同様に No. 10 のときに U (z/H=0.05) が 0.676076E-000 となっているのは、T=0.05 のとき、式(1)の右辺の級数を最初から 10 項まで (m=0 から 9 まで) 合計したときの値を示す。

表-1 の結果より、33 項以上の合計では小数点以下 6 桁以内では数値の変化のないことが明らかである。そこで、数値表を作るための計算では、級数を計算するときに m=0 から始めて順次に級数の各項を計算し、それが

10⁻¹⁰ より小さい値となるか、m が 49 となるまでの合計をとることにした。数値表にでている値はこのようにして求めた値を小数点第五位で四捨五入したものである。したがって、表に示された数値が全桁有効数字であることは明らかである。尚、使用した電子計算機の内部における演算の有効桁数は 11 桁で計算結果に支障を及ぼすことはない。また sin および e^x を求めるプログラムの誤差も問題とならなかった³⁾。

時間係数から圧密度を求めるのと逆に、圧密度が与えられてこれに対する時間係数を求めたいこともある。この場合も、時間係数から圧密度を求める数表を用いて仕事を進めることができる。しかし、等間隔の圧密度に対する時間係数を示した数値表があれば非常に便利である。そのための数値表を圧密度の刻みを 0.01 にとって作った。計算に用いたプログラムを表-6 に示す。任意の圧密度に対する時間係数を直接求めることは困難である。そこで、まず近似公式から⁵⁾ 求めようとする圧密度に対する時間係数を求め、次にこの時間係数に対する圧密度を前記の方法で計算し、最初に考えた圧密度との差が 10⁻⁵ 以下であることを確かめた、両者の差が 10⁻⁵ 以上のときは時間係数を少し変えて計算をくり返した。時間係数が 4.0 以上となると、それに対する圧密度を小数点以下第 4 位までとって計算したのではすべて 1.000 となってしまふ。したがって上に書いたような試行的方法で計算したのでは、圧密度が 1 に近いときの精度が落ちる恐れがある。この点についてはそれぞれの圧密度に対して得られた時間係数よりも 10⁻⁴ だけ小さい時間係数に対する圧密度を求め、それが指定された圧密度よりも 5×10⁻⁴ 以上小さいことを確かめ、それにより表に示した値が全桁有効数値であることを確認した。

2.3 数値表の計算

計算は港湾技研で運用中のデジタル電子計算機 TO SBAC-3400 を用いて行なった。FORTRAN による計算のためのプログラムを表-5, 6 に示す。ここで使用した FORTRAN は TOSBAC-3400 用に開発された KT-FORTRAN と呼ばれるもので IBM 709/7090 FORTRAN II とほぼ同等のものである⁴⁾。

計算結果は表-2, 3 の通りである。

表-1 圧密度解の級数

No.	DELTA (Z/H=0.05)	U (Z/H=0.05)	DELTA (Z/H=0.50)
1	0.996510 E-001	0.996510 E-001	0.898098 E 000
2	0.969014 E-001	0.196552 E 000	0.293515 E 000
3	0.916200 E-001	0.288172 E 000	-0.169292 E 000
4	0.842151 E-001	0.372387 E 000	-0.113970 E 000
5	0.752340 E-001	0.447621 E 000	0.819134 E-001
6	0.652983 E-001	0.512920 E 000	0.607213 E-001
7	0.550346 E-001	0.567954 E 000	-0.456410 E-001
8	0.450121 E-001	0.612966 E 000	-0.344507 E-001
9	0.356949 E-001	0.648661 E 000	0.259573 E-001
10	0.274142 E-001	0.676076 E 000	0.194447 E-001
11	0.203603 E-001	0.696436 E 000	-0.144414 E-001
12	0.145931 E-001	0.711029 E 000	-0.106121 E-001
13	0.100658 E-001	0.721095 E 000	0.770404 E-002
14	0.665474 E-002	0.727750 E 000	0.551887 E-002
15	0.419141 E-002	0.731941 E 000	-0.389762 E-002
16	0.249061 E-002	0.734432 E 000	-0.271173 E-002
17	0.137256 E-002	0.735804 E 000	0.185751 E-002
18	0.677638 E-003	0.736482 E 000	0.125211 E-002
19	0.274096 E-003	0.736756 E 000	-0.830237 E-003
20	0.600645 E-004	0.736816 E 000	-0.541327 E-003
21	-0.384987 E-004	0.736777 E 000	0.346966 E-003
22	-0.721569 E-004	0.736705 E 000	0.218564 E-003
23	-0.732134 E-004	0.736632 E 000	-0.135281 E-003
24	-0.607827 E-004	0.736571 E 000	-0.822583 E-004
25	-0.451230 E-004	0.736526 E 000	0.491291 E-004
26	-0.309891 E-004	0.736495 E 000	0.288170 E-004
27	-0.200141 E-004	0.736475 E 000	-0.165980 E-004
28	-0.122641 E-004	0.736463 E 000	-0.938657 E-005
29	-0.716651 E-005	0.736456 E 000	0.521148 E-005
30	-0.400453 E-005	0.736452 E 000	0.284039 E-005
31	-0.214237 E-005	0.736450 E 000	-0.151957 E-005
32	-0.109725 E-005	0.736448 E 000	-0.797919 E-006
33	-0.537269 E-006	0.736448 E 000	0.411208 E-006
34	-0.250775 E-006	0.736448 E 000	0.207971 E-006
35	-0.110999 E-006	0.736448 E 000	-0.103219 E-006
36	-0.461709 E-007	0.736448 E 000	-0.502700 E-007
37	-0.177513 E-007	0.736448 E 000	0.240231 E-007
38	-0.609619 E-008	0.736448 E 000	0.112643 E-007
39	-0.171086 E-008	0.736448 E 000	-0.518220 E-008
40	-0.259540 E-009	0.736448 E 000	-0.233908 E-008
41	0.114932 E-009	0.736448 E 000	0.103582 E-008
42	0.148563 E-009	0.736448 E 000	0.449999 E-009
43	0.103795 E-009	0.736448 E 000	-0.191787 E-009
44	0.592512 E-010	0.736448 E 000	-0.801857 E-010
45	0.302858 E-010	0.736448 E 000	0.328875 E-010
46	0.142289 E-010	0.736448 E 000	0.132315 E-010
47	0.629664 E-011	0.736448 E 000	-0.522190 E-011
48	0.264122 E-011	0.736448 E 000	-0.202150 E-011
49	0.105557 E-011	0.736448 E 000	0.767608 E-012
50	0.403080 E-012	0.736448 E 000	0.285902 E-012

項 の 収 束 性 の 検 討

U (Z/H=0.50)	DELTA (Z/H=1.00)	U (Z/H=1.00)
0.898098 E 000	0.127010 E 001	0.127010 E 001
0.119161 E 001	-0.415092 E 000	0.855010 E 000
0.102232 E 001	0.239415 E 000	0.109442 E 001
0.908351 E 000	-0.161178 E 000	0.933247 E 000
0.990264 E 000	0.115843 E 000	0.104909 E 001
0.105099 E 001	-0.858730 E -001	0.963217 E 000
0.100534 E 001	0.645461 E -001	0.102776 E 001
0.970894 E 000	-0.487207 E -001	0.979042 E 000
0.996851 E 000	0.367092 E -001	0.101575 E 001
0.101630 E 001	-0.274990 E -001	0.988252 E 000
0.100185 E 001	0.204232 E -001	0.100868 E 001
0.991242 E 000	-0.150078 E -001	0.993668 E 000
0.998946 E 000	0.108952 E -001	0.100456 E 001
0.100447 E 001	-0.780487 E -002	0.996758 E 000
0.100057 E 001	0.551207 E -002	0.100227 E 001
0.997856 E 000	-0.383496 E -002	0.998435 E 000
0.999713 E 000	0.262692 E -002	0.100106 E 001
0.100097 E 001	-0.177075 E -002	0.999291 E 000
0.100014 E 001	0.117413 E -002	0.100047 E 001
0.999594 E 000	-0.765551 E -003	0.999700 E 000
0.999941 E 000	0.490685 E -003	0.100019 E 001
0.100016 E 001	-0.309095 E -003	0.999881 E 000
0.100002 E 001	0.191316 E -003	0.100007 E 001
0.999942 E 000	-0.116331 E -003	0.999956 E 000
0.999991 E 000	0.694790 E -004	0.100003 E 001
0.100002 E 001	-0.407534 E -004	0.999985 E 000
0.100000 E 001	0.234731 E -004	0.100001 E 001
0.999994 E 000	-0.132746 E -004	0.999995 E 000
0.999999 E 000	0.737015 E -005	0.100000 E 001
0.100000 E 001	-0.401692 E -005	0.999999 E 000
0.100000 E 001	0.214900 E -005	0.100000 E 001
0.100000 E 001	-0.112843 E -005	0.100000 E 001
0.100000 E 001	0.581536 E -006	0.100000 E 001
0.100000 E 001	-0.294116 E -006	0.100000 E 001
0.100000 E 001	0.145974 E -006	0.100000 E 001
0.100000 E 001	-0.710925 E -007	0.100000 E 001
0.100000 E 001	0.339738 E -007	0.100000 E 001
0.100000 E 001	-0.159301 E -007	0.100000 E 001
0.100000 E 001	0.732874 E -008	0.100000 E 001
0.100000 E 001	-0.330796 E -008	0.100000 E 001
0.100000 E 001	0.146486 E -008	0.100000 E 001
0.100000 E 001	-0.636395 E -009	0.100000 E 001
0.100000 E 001	0.271228 E -009	0.100000 E 001
0.100000 E 001	-0.113400 E -009	0.100000 E 001
0.100000 E 001	0.465099 E -010	0.100000 E 001
0.100000 E 001	-0.187122 E -010	0.100000 E 001
0.100000 E 001	0.738487 E -011	0.100000 E 001
0.100000 E 001	-0.285883 E -011	0.100000 E 001
0.100000 E 001	0.108556 E -011	0.100000 E 001
0.100000 E 001	-0.404327 E -012	0.100000 E 001

表-2 庄 密 度 数 值 表

T	DEGREE OF				
	AVERAGE	DEPTH / MAX.			
		0.1	0.2	0.3	0.4
0.001	0.0357	0.0253	0.0000	0.0000	0.0000
0.002	0.0505	0.1138	0.0016	0.0000	0.0000
0.003	0.0618	0.1967	0.0098	0.0001	0.0000
0.004	0.0714	0.2636	0.0253	0.0008	0.0000
0.005	0.0798	0.3173	0.0455	0.0027	0.0001
0.006	0.0874	0.3613	0.0679	0.0062	0.0003
0.007	0.0944	0.3980	0.0910	0.0112	0.0007
0.008	0.1009	0.4292	0.1138	0.0177	0.0016
0.009	0.1070	0.4561	0.1360	0.0253	0.0029
0.010	0.1128	0.4795	0.1573	0.0339	0.0047
0.011	0.1183	0.5002	0.1775	0.0431	0.0070
0.012	0.1236	0.5186	0.1967	0.0528	0.0098
0.013	0.1287	0.5351	0.2148	0.0628	0.0131
0.014	0.1335	0.5501	0.2320	0.0730	0.0168
0.015	0.1382	0.5637	0.2482	0.0833	0.0209
0.016	0.1427	0.5762	0.2636	0.0935	0.0253
0.017	0.1471	0.5876	0.2781	0.1037	0.0301
0.018	0.1514	0.5982	0.2918	0.1138	0.0350
0.019	0.1555	0.6080	0.3049	0.1238	0.0402
0.020	0.1596	0.6171	0.3173	0.1336	0.0455
0.021	0.1635	0.6256	0.3291	0.1432	0.0510
0.022	0.1674	0.6336	0.3404	0.1527	0.0565
0.023	0.1711	0.6410	0.3511	0.1619	0.0622
0.024	0.1748	0.6481	0.3613	0.1709	0.0679
0.025	0.1784	0.6547	0.3711	0.1797	0.0736
0.026	0.1819	0.6610	0.3805	0.1883	0.0794
0.027	0.1854	0.6670	0.3894	0.1967	0.0852
0.028	0.1888	0.6726	0.3980	0.2049	0.0910
0.029	0.1922	0.6780	0.4063	0.2129	0.0967
0.030	0.1954	0.6831	0.4142	0.2207	0.1025
0.031	0.1987	0.6880	0.4218	0.2283	0.1082
0.032	0.2019	0.6926	0.4292	0.2357	0.1138
0.033	0.2050	0.6971	0.4363	0.2429	0.1195
0.034	0.2081	0.7014	0.4431	0.2500	0.1250
0.035	0.2111	0.7055	0.4497	0.2568	0.1306
0.036	0.2141	0.7094	0.4561	0.2636	0.1360
0.037	0.2170	0.7132	0.4622	0.2701	0.1414
0.038	0.2200	0.7168	0.4682	0.2765	0.1468
0.039	0.2228	0.7203	0.4739	0.2827	0.1521
0.040	0.2257	0.7237	0.4795	0.2888	0.1573
0.041	0.2285	0.7269	0.4849	0.2948	0.1625
0.042	0.2312	0.7301	0.4902	0.3006	0.1675
0.043	0.2340	0.7331	0.4952	0.3063	0.1726
0.044	0.2367	0.7360	0.5002	0.3119	0.1775
0.045	0.2394	0.7389	0.5050	0.3173	0.1824
0.046	0.2420	0.7416	0.5097	0.3226	0.1872
0.047	0.2446	0.7443	0.5142	0.3278	0.1920
0.048	0.2472	0.7469	0.5186	0.3329	0.1967
0.049	0.2498	0.7494	0.5229	0.3379	0.2013
0.050	0.2523	0.7518	0.5271	0.3428	0.2059

(時間係数→圧密度)

CONSOLIDATION					
DRAINAGE PATH					
0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0002	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0004	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0007	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0012	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0019	0.0002	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0028	0.0003	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0039	0.0005	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000
0.0052	0.0008	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000
0.0067	0.0011	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000
0.0084	0.0016	0.0002	0.0000	0.0000	0.0000
0.0103	0.0021	0.0003	0.0000	0.0000	0.0000
0.0124	0.0027	0.0005	0.0001	0.0000	0.0000
0.0147	0.0034	0.0006	0.0001	0.0000	0.0000
0.0171	0.0042	0.0008	0.0001	0.0000	0.0000
0.0197	0.0051	0.0011	0.0002	0.0000	0.0000
0.0225	0.0062	0.0014	0.0003	0.0000	0.0000
0.0253	0.0073	0.0017	0.0003	0.0001	0.0000
0.0283	0.0085	0.0021	0.0005	0.0001	0.0000
0.0314	0.0098	0.0026	0.0006	0.0001	0.0000
0.0346	0.0112	0.0031	0.0007	0.0001	0.0000
0.0379	0.0127	0.0037	0.0009	0.0002	0.0001
0.0412	0.0143	0.0043	0.0011	0.0002	0.0001
0.0446	0.0160	0.0049	0.0013	0.0003	0.0001
0.0481	0.0177	0.0057	0.0016	0.0004	0.0002
0.0516	0.0195	0.0064	0.0018	0.0005	0.0002
0.0552	0.0214	0.0073	0.0022	0.0006	0.0003
0.0588	0.0233	0.0082	0.0025	0.0007	0.0003
0.0624	0.0253	0.0091	0.0029	0.0008	0.0004
0.0661	0.0274	0.0101	0.0033	0.0010	0.0005
0.0697	0.0295	0.0111	0.0037	0.0012	0.0006
0.0734	0.0317	0.0122	0.0042	0.0014	0.0007
0.0771	0.0339	0.0133	0.0047	0.0016	0.0008
0.0808	0.0361	0.0145	0.0052	0.0018	0.0010
0.0845	0.0384	0.0157	0.0058	0.0020	0.0011
0.0882	0.0408	0.0170	0.0064	0.0023	0.0013
0.0919	0.0431	0.0183	0.0071	0.0026	0.0015
0.0956	0.0455	0.0196	0.0077	0.0029	0.0017
0.0993	0.0479	0.0210	0.0084	0.0033	0.0020
0.1029	0.0504	0.0224	0.0092	0.0037	0.0022
0.1066	0.0528	0.0239	0.0099	0.0041	0.0025
0.1102	0.0553	0.0254	0.0107	0.0045	0.0028
0.1138	0.0578	0.0269	0.0116	0.0049	0.0031

表-2 压 密 度 数 值 表

T	DEGREE OF				
	AVERAGE	DEPTH / MAX.			
		0.1	0.2	0.3	0.4
0.051	0.2548	0.7542	0.5312	0.3476	0.2104
0.052	0.2573	0.7565	0.5351	0.3522	0.2148
0.053	0.2598	0.7587	0.5390	0.3568	0.2192
0.054	0.2622	0.7609	0.5428	0.3613	0.2235
0.055	0.2646	0.7630	0.5465	0.3657	0.2278
0.056	0.2670	0.7651	0.5501	0.3700	0.2320
0.057	0.2694	0.7671	0.5536	0.3743	0.2361
0.058	0.2717	0.7691	0.5571	0.3784	0.2402
0.059	0.2741	0.7710	0.5604	0.3825	0.2442
0.060	0.2764	0.7728	0.5637	0.3865	0.2482
0.061	0.2787	0.7746	0.5669	0.3904	0.2521
0.062	0.2810	0.7764	0.5701	0.3942	0.2560
0.063	0.2832	0.7782	0.5731	0.3980	0.2598
0.064	0.2855	0.7799	0.5762	0.4017	0.2636
0.065	0.2877	0.7815	0.5791	0.4054	0.2673
0.066	0.2899	0.7831	0.5820	0.4090	0.2709
0.067	0.2921	0.7847	0.5848	0.4125	0.2745
0.068	0.2942	0.7863	0.5876	0.4159	0.2781
0.069	0.2964	0.7878	0.5903	0.4193	0.2816
0.070	0.2985	0.7893	0.5930	0.4227	0.2851
0.071	0.3007	0.7907	0.5956	0.4260	0.2885
0.072	0.3028	0.7921	0.5982	0.4292	0.2919
0.073	0.3049	0.7935	0.6007	0.4324	0.2952
0.074	0.3070	0.7949	0.6032	0.4355	0.2985
0.075	0.3090	0.7963	0.6056	0.4386	0.3017
0.076	0.3111	0.7976	0.6080	0.4416	0.3049
0.077	0.3131	0.7989	0.6103	0.4446	0.3081
0.078	0.3151	0.8001	0.6126	0.4475	0.3112
0.079	0.3172	0.8014	0.6149	0.4504	0.3143
0.080	0.3192	0.8026	0.6171	0.4533	0.3174
0.081	0.3211	0.8038	0.6193	0.4561	0.3204
0.082	0.3231	0.8050	0.6214	0.4588	0.3234
0.083	0.3251	0.8061	0.6235	0.4616	0.3263
0.084	0.3270	0.8073	0.6256	0.4642	0.3292
0.085	0.3290	0.8084	0.6276	0.4669	0.3321
0.086	0.3309	0.8095	0.6296	0.4695	0.3349
0.087	0.3328	0.8105	0.6316	0.4721	0.3377
0.088	0.3347	0.8116	0.6336	0.4746	0.3405
0.089	0.3366	0.8126	0.6355	0.4771	0.3432
0.090	0.3385	0.8137	0.6374	0.4796	0.3459
0.091	0.3404	0.8147	0.6392	0.4820	0.3486
0.092	0.3423	0.8157	0.6411	0.4844	0.3513
0.093	0.3441	0.8166	0.6429	0.4868	0.3539
0.094	0.3460	0.8176	0.6446	0.4891	0.3565
0.095	0.3478	0.8186	0.6464	0.4914	0.3590
0.096	0.3496	0.8195	0.6481	0.4937	0.3616
0.097	0.3514	0.8204	0.6498	0.4959	0.3641
0.098	0.3532	0.8213	0.6515	0.4981	0.3666
0.099	0.3550	0.8222	0.6531	0.5003	0.3690
0.100	0.3568	0.8231	0.6548	0.5025	0.3714

(時間係数→圧密度)

(続)

CONSOLIDATION					
DRAINAGE PATH					
0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
0.1175	0.0603	0.0284	0.0124	0.0054	0.0035
0.1210	0.0628	0.0300	0.0133	0.0059	0.0039
0.1246	0.0654	0.0316	0.0142	0.0064	0.0043
0.1282	0.0679	0.0332	0.0152	0.0070	0.0047
0.1317	0.0705	0.0349	0.0162	0.0076	0.0051
0.1352	0.0730	0.0366	0.0172	0.0082	0.0056
0.1386	0.0756	0.0383	0.0182	0.0088	0.0061
0.1421	0.0782	0.0400	0.0193	0.0095	0.0066
0.1455	0.0807	0.0417	0.0203	0.0102	0.0072
0.1489	0.0833	0.0435	0.0215	0.0109	0.0078
0.1523	0.0859	0.0453	0.0226	0.0116	0.0084
0.1557	0.0885	0.0470	0.0238	0.0124	0.0090
0.1590	0.0910	0.0489	0.0249	0.0132	0.0097
0.1623	0.0936	0.0507	0.0261	0.0140	0.0104
0.1655	0.0962	0.0525	0.0274	0.0148	0.0111
0.1688	0.0988	0.0544	0.0286	0.0157	0.0118
0.1720	0.1013	0.0562	0.0299	0.0166	0.0126
0.1752	0.1039	0.0581	0.0312	0.0175	0.0134
0.1784	0.1064	0.0600	0.0325	0.0185	0.0142
0.1815	0.1090	0.0619	0.0339	0.0194	0.0151
0.1846	0.1115	0.0638	0.0352	0.0204	0.0159
0.1877	0.1141	0.0657	0.0366	0.0215	0.0168
0.1908	0.1166	0.0676	0.0380	0.0225	0.0177
0.1938	0.1191	0.0696	0.0394	0.0236	0.0187
0.1968	0.1216	0.0715	0.0408	0.0246	0.0196
0.1998	0.1241	0.0734	0.0423	0.0258	0.0206
0.2028	0.1266	0.0754	0.0437	0.0269	0.0217
0.2057	0.1291	0.0773	0.0452	0.0280	0.0227
0.2086	0.1316	0.0793	0.0467	0.0292	0.0238
0.2115	0.1341	0.0813	0.0482	0.0304	0.0248
0.2143	0.1365	0.0832	0.0497	0.0316	0.0259
0.2172	0.1390	0.0852	0.0513	0.0329	0.0271
0.2200	0.1414	0.0872	0.0528	0.0341	0.0282
0.2228	0.1439	0.0892	0.0544	0.0354	0.0294
0.2255	0.1463	0.0912	0.0560	0.0367	0.0306
0.2283	0.1487	0.0932	0.0575	0.0380	0.0318
0.2310	0.1511	0.0952	0.0591	0.0393	0.0330
0.2337	0.1535	0.0971	0.0608	0.0407	0.0343
0.2363	0.1559	0.0991	0.0624	0.0420	0.0356
0.2390	0.1583	0.1011	0.0640	0.0434	0.0368
0.2416	0.1606	0.1031	0.0657	0.0448	0.0382
0.2442	0.1630	0.1051	0.0673	0.0462	0.0395
0.2468	0.1653	0.1071	0.0690	0.0477	0.0408
0.2494	0.1677	0.1091	0.0707	0.0491	0.0422
0.2519	0.1700	0.1112	0.0724	0.0506	0.0436
0.2545	0.1723	0.1132	0.0741	0.0520	0.0450
0.2570	0.1746	0.1152	0.0758	0.0535	0.0464
0.2594	0.1769	0.1172	0.0775	0.0550	0.0478
0.2619	0.1792	0.1192	0.0792	0.0565	0.0492
0.2643	0.1815	0.1212	0.0809	0.0581	0.0507

表-2 压 密 度 数 值 表

T	DEGREE OF				
	AVERAGE	DEPTH / MAX.			
		0.1	0.2	0.3	0.4
0.105	0.3656	0.8273	0.6626	0.5129	0.3832
0.110	0.3742	0.8312	0.6699	0.5227	0.3944
0.115	0.3826	0.8349	0.6768	0.5320	0.4051
0.120	0.3909	0.8383	0.6833	0.5408	0.4153
0.125	0.3989	0.8416	0.6895	0.5492	0.4251
0.130	0.4068	0.8447	0.6953	0.5571	0.4345
0.135	0.4146	0.8476	0.7008	0.5548	0.4435
0.140	0.4222	0.8504	0.7061	0.5721	0.4522
0.145	0.4296	0.8530	0.7111	0.5790	0.4606
0.150	0.4369	0.8555	0.7160	0.5858	0.4687
0.155	0.4442	0.8579	0.7206	0.5922	0.4765
0.160	0.4512	0.8603	0.7250	0.5985	0.4842
0.165	0.4582	0.8625	0.7293	0.6045	0.4916
0.170	0.4651	0.8646	0.7335	0.6104	0.4987
0.175	0.4718	0.8667	0.7375	0.6160	0.5058
0.180	0.4785	0.8687	0.7413	0.6216	0.5126
0.185	0.4850	0.8706	0.7451	0.6269	0.5192
0.190	0.4915	0.8725	0.7487	0.6321	0.5258
0.195	0.4978	0.8744	0.7523	0.6372	0.5321
0.200	0.5041	0.8761	0.7558	0.6422	0.5384
0.205	0.5103	0.8779	0.7591	0.6470	0.5445
0.210	0.5164	0.8795	0.7624	0.6518	0.5504
0.215	0.5224	0.8812	0.7656	0.6564	0.5563
0.220	0.5283	0.8828	0.7688	0.6609	0.5621
0.225	0.5341	0.8844	0.7718	0.6654	0.5677
0.230	0.5399	0.8859	0.7749	0.6698	0.5733
0.235	0.5456	0.8874	0.7778	0.6740	0.5787
0.240	0.5512	0.8889	0.7807	0.6782	0.5841
0.245	0.5568	0.8903	0.7836	0.6824	0.5894
0.250	0.5622	0.8918	0.7863	0.6864	0.5946
0.255	0.5676	0.8932	0.7891	0.6904	0.5997
0.260	0.5730	0.8945	0.7918	0.6944	0.6047
0.265	0.5782	0.8959	0.7944	0.6982	0.6097
0.270	0.5834	0.8972	0.7970	0.7020	0.6146
0.275	0.5885	0.8985	0.7996	0.7058	0.6194
0.280	0.5936	0.8998	0.8021	0.7095	0.6241
0.285	0.5986	0.9011	0.8046	0.7131	0.6288
0.290	0.6035	0.9023	0.8071	0.7167	0.6334
0.295	0.6084	0.9035	0.8095	0.7202	0.6380
0.300	0.6132	0.9047	0.8119	0.7237	0.6425
0.305	0.6180	0.9059	0.8142	0.7272	0.6469
0.310	0.6227	0.9071	0.8165	0.7306	0.6513
0.315	0.6273	0.9083	0.8188	0.7339	0.6556
0.320	0.6319	0.9094	0.8211	0.7372	0.6599
0.325	0.6364	0.9105	0.8233	0.7405	0.6641
0.330	0.6409	0.9116	0.8255	0.7437	0.6682
0.335	0.6453	0.9127	0.8276	0.7468	0.6723
0.340	0.6496	0.9138	0.8298	0.7500	0.6763
0.345	0.6539	0.9149	0.8319	0.7530	0.6803
0.350	0.6582	0.9159	0.8340	0.7561	0.6843

(時間係数→圧密度)

(続)

CONSOLIDATION					
DRAINAGE PATH					
0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
0.2763	0.1927	0.1312	0.0897	0.0659	0.0582
0.2878	0.2037	0.1412	0.0986	0.0740	0.0660
0.2989	0.2144	0.1511	0.1076	0.0824	0.0741
0.3096	0.2249	0.1610	0.1168	0.0909	0.0825
0.3200	0.2352	0.1708	0.1260	0.0997	0.0910
0.3301	0.2454	0.1806	0.1353	0.1085	0.0997
0.3398	0.2553	0.1903	0.1446	0.1175	0.1086
0.3493	0.2650	0.1999	0.1539	0.1266	0.1176
0.3585	0.2745	0.2094	0.1633	0.1358	0.1266
0.3675	0.2839	0.2189	0.1726	0.1450	0.1358
0.3762	0.2931	0.2282	0.1819	0.1542	0.1450
0.3848	0.3022	0.2375	0.1912	0.1634	0.1542
0.3931	0.3111	0.2466	0.2004	0.1727	0.1634
0.4013	0.3198	0.2557	0.2097	0.1819	0.1727
0.4092	0.3284	0.2647	0.2188	0.1912	0.1819
0.4170	0.3369	0.2736	0.2279	0.2004	0.1912
0.4247	0.3453	0.2824	0.2370	0.2095	0.2004
0.4322	0.3535	0.2911	0.2459	0.2186	0.2095
0.4396	0.3616	0.2997	0.2548	0.2277	0.2186
0.4468	0.3696	0.3082	0.2637	0.2367	0.2277
0.4539	0.3775	0.3166	0.2724	0.2457	0.2367
0.4609	0.3852	0.3249	0.2811	0.2545	0.2456
0.4678	0.3929	0.3331	0.2897	0.2633	0.2545
0.4746	0.4004	0.3413	0.2982	0.2721	0.2633
0.4812	0.4079	0.3493	0.3066	0.2807	0.2721
0.4878	0.4152	0.3572	0.3150	0.2893	0.2807
0.4942	0.4225	0.3651	0.3232	0.2978	0.2893
0.5006	0.4296	0.3728	0.3314	0.3062	0.2978
0.5068	0.4367	0.3805	0.3395	0.3146	0.3062
0.5130	0.4436	0.3881	0.3475	0.3228	0.3146
0.5191	0.4505	0.3955	0.3554	0.3310	0.3228
0.5251	0.4573	0.4029	0.3632	0.3391	0.3310
0.5310	0.4640	0.4102	0.3710	0.3471	0.3391
0.5368	0.4706	0.4174	0.3786	0.3550	0.3470
0.5425	0.4771	0.4246	0.3862	0.3628	0.3550
0.5482	0.4835	0.4316	0.3937	0.3705	0.3629
0.5538	0.4899	0.4386	0.4010	0.3782	0.3705
0.5593	0.4962	0.4454	0.4083	0.3857	0.3782
0.5648	0.5024	0.4522	0.4156	0.3932	0.3857
0.5702	0.5085	0.4589	0.4227	0.4006	0.3932
0.5755	0.5145	0.4656	0.4297	0.4079	0.4006
0.5807	0.5205	0.4721	0.4367	0.4151	0.4079
0.5859	0.5264	0.4786	0.4436	0.4223	0.4151
0.5910	0.5322	0.4850	0.4504	0.4293	0.4222
0.5960	0.5379	0.4913	0.4571	0.4363	0.4293
0.6010	0.5436	0.4975	0.4638	0.4432	0.4363
0.6059	0.5492	0.5037	0.4703	0.4500	0.4432
0.6107	0.5548	0.5097	0.4768	0.4567	0.4500
0.6155	0.5602	0.5158	0.4832	0.4633	0.4567
0.6203	0.5656	0.5217	0.4895	0.4699	0.4633

表-2 庄 密 度 数 值 表

T	DEGREE OF				
	AVERAGE	DEPTH / MAX.			
		0.1	0.2	0.3	0.4
0.355	0.6624	0.9170	0.8360	0.7591	0.6882
0.360	0.6665	0.9180	0.8380	0.7621	0.6920
0.365	0.6706	0.9190	0.8400	0.7650	0.6958
0.370	0.6747	0.9200	0.8420	0.7679	0.6995
0.375	0.6787	0.9210	0.8439	0.7708	0.7032
0.380	0.6826	0.9220	0.8459	0.7736	0.7069
0.385	0.6865	0.9229	0.8478	0.7764	0.7105
0.390	0.6903	0.9239	0.8496	0.7791	0.7140
0.395	0.6941	0.9248	0.8515	0.7818	0.7175
0.400	0.6979	0.9257	0.8533	0.7845	0.7210
0.405	0.7016	0.9267	0.8551	0.7871	0.7244
0.410	0.7052	0.9276	0.8569	0.7898	0.7278
0.415	0.7089	0.9284	0.8587	0.7923	0.7312
0.420	0.7124	0.9293	0.8604	0.7949	0.7345
0.425	0.7160	0.9302	0.8621	0.7974	0.7377
0.430	0.7194	0.9310	0.8638	0.7999	0.7409
0.435	0.7229	0.9319	0.8655	0.8024	0.7441
0.440	0.7263	0.9327	0.8671	0.8048	0.7473
0.445	0.7296	0.9336	0.8688	0.8072	0.7504
0.450	0.7330	0.9344	0.8704	0.8095	0.7534
0.455	0.7362	0.9352	0.8720	0.8119	0.7564
0.460	0.7395	0.9360	0.8735	0.8142	0.7594
0.465	0.7427	0.9368	0.8751	0.8165	0.7624
0.470	0.7458	0.9375	0.8766	0.8187	0.7653
0.475	0.7489	0.9383	0.8781	0.8209	0.7682
0.480	0.7520	0.9391	0.8796	0.8231	0.7710
0.485	0.7550	0.9398	0.8811	0.8253	0.7738
0.490	0.7581	0.9405	0.8826	0.8275	0.7766
0.495	0.7610	0.9413	0.8840	0.8296	0.7793
0.500	0.7640	0.9420	0.8854	0.8317	0.7821
0.510	0.7697	0.9434	0.8882	0.8358	0.7874
0.520	0.7753	0.9448	0.8909	0.8398	0.7925
0.530	0.7808	0.9461	0.8936	0.8437	0.7976
0.540	0.7861	0.9474	0.8962	0.8475	0.8025
0.550	0.7913	0.9487	0.8987	0.8512	0.8074
0.560	0.7964	0.9500	0.9012	0.8548	0.8120
0.570	0.8014	0.9512	0.9036	0.8584	0.8166
0.580	0.8062	0.9524	0.9059	0.8618	0.8211
0.590	0.8110	0.9535	0.9082	0.8652	0.8255
0.600	0.8156	0.9547	0.9105	0.8685	0.8297
0.610	0.8201	0.9558	0.9127	0.8717	0.8339
0.620	0.8244	0.9569	0.9148	0.8748	0.8379
0.630	0.8287	0.9579	0.9169	0.8779	0.8419
0.640	0.8329	0.9589	0.9189	0.8808	0.8457
0.650	0.8370	0.9599	0.9209	0.8837	0.8495
0.660	0.8409	0.9609	0.9228	0.8866	0.8531
0.670	0.8448	0.9619	0.9247	0.8893	0.8567
0.680	0.8486	0.9628	0.9265	0.8920	0.8602
0.690	0.8523	0.9637	0.9283	0.8947	0.8636
0.700	0.8559	0.9646	0.9300	0.8972	0.8669

CONSOLIDATION					
DRAINAGE PATH					
0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
0.6249	0.5710	0.5275	0.4958	0.4764	0.4699
0.6295	0.5762	0.5333	0.5019	0.4828	0.4764
0.6341	0.5814	0.5391	0.5080	0.4891	0.4828
0.6386	0.5866	0.5447	0.5141	0.4954	0.4891
0.6430	0.5916	0.5503	0.5200	0.5016	0.4954
0.6474	0.5966	0.5558	0.5259	0.5077	0.5015
0.6517	0.6016	0.5612	0.5317	0.5137	0.5076
0.6560	0.6065	0.5666	0.5374	0.5197	0.5137
0.6602	0.6113	0.5719	0.5431	0.5255	0.5196
0.6644	0.6161	0.5772	0.5487	0.5313	0.5255
0.6685	0.6208	0.5824	0.5542	0.5371	0.5313
0.6726	0.6254	0.5875	0.5597	0.5428	0.5371
0.6766	0.6300	0.5925	0.5651	0.5484	0.5427
0.6806	0.6346	0.5975	0.5704	0.5539	0.5483
0.6845	0.6390	0.6025	0.5757	0.5594	0.5539
0.6884	0.6435	0.6073	0.5809	0.5648	0.5593
0.6922	0.6478	0.6122	0.5860	0.5701	0.5647
0.6960	0.6522	0.6169	0.5911	0.5754	0.5701
0.6997	0.6564	0.6216	0.5961	0.5806	0.5753
0.7034	0.6606	0.6263	0.6011	0.5857	0.5806
0.7070	0.6648	0.6308	0.6060	0.5908	0.5857
0.7106	0.6689	0.6354	0.6108	0.5958	0.5908
0.7142	0.6730	0.6398	0.6156	0.6008	0.5958
0.7177	0.6770	0.6442	0.6203	0.6057	0.6007
0.7211	0.6809	0.6486	0.6249	0.6105	0.6056
0.7245	0.6849	0.6529	0.6295	0.6153	0.6105
0.7279	0.6887	0.6572	0.6341	0.6200	0.6152
0.7313	0.6925	0.6614	0.6386	0.6246	0.6200
0.7346	0.6963	0.6655	0.6430	0.6292	0.6246
0.7378	0.7000	0.6696	0.6474	0.6338	0.6292
0.7442	0.7073	0.6777	0.6560	0.6427	0.6383
0.7504	0.7145	0.6855	0.6643	0.6514	0.6471
0.7565	0.7214	0.6932	0.6725	0.6599	0.6557
0.7625	0.7282	0.7007	0.6805	0.6682	0.6641
0.7682	0.7348	0.7080	0.6883	0.6763	0.6723
0.7739	0.7413	0.7151	0.6959	0.6842	0.6802
0.7794	0.7476	0.7220	0.7033	0.6919	0.6880
0.7848	0.7538	0.7288	0.7105	0.6994	0.6956
0.7900	0.7598	0.7354	0.7176	0.7067	0.7031
0.7951	0.7656	0.7419	0.7245	0.7139	0.7103
0.8001	0.7713	0.7482	0.7312	0.7208	0.7174
0.8050	0.7769	0.7543	0.7377	0.7276	0.7242
0.8098	0.7823	0.7603	0.7441	0.7343	0.7310
0.8144	0.7876	0.7661	0.7504	0.7407	0.7375
0.8189	0.7928	0.7718	0.7564	0.7471	0.7439
0.8233	0.7979	0.7774	0.7624	0.7532	0.7502
0.8276	0.8028	0.7828	0.7682	0.7592	0.7562
0.8318	0.8076	0.7881	0.7738	0.7651	0.7622
0.8359	0.8123	0.7933	0.7793	0.7708	0.7680
0.8399	0.8169	0.7983	0.7847	0.7764	0.7736

表-2 压 密 度 数 值 表

T	DEGREE OF				
	AVERAGE	DEPTH / MAX.			
		0.1	0.2	0.3	0.4
0.710	0.8594	0.9655	0.9318	0.8997	0.8702
0.720	0.8628	0.9663	0.9334	0.9022	0.8734
0.730	0.8662	0.9671	0.9350	0.9046	0.8764
0.740	0.8694	0.9679	0.9366	0.9069	0.8795
0.750	0.8726	0.9687	0.9382	0.9092	0.8824
0.760	0.8757	0.9695	0.9397	0.9114	0.8853
0.770	0.8788	0.9702	0.9411	0.9135	0.8881
0.780	0.8817	0.9709	0.9426	0.9156	0.8908
0.790	0.8846	0.9716	0.9440	0.9177	0.8934
0.800	0.8874	0.9723	0.9453	0.9197	0.8960
0.810	0.8901	0.9730	0.9467	0.9217	0.8986
0.820	0.8928	0.9737	0.9480	0.9236	0.9010
0.830	0.8954	0.9743	0.9492	0.9254	0.9035
0.840	0.8980	0.9749	0.9505	0.9273	0.9058
0.850	0.9005	0.9755	0.9517	0.9290	0.9081
0.860	0.9029	0.9761	0.9529	0.9308	0.9103
0.870	0.9053	0.9767	0.9540	0.9324	0.9125
0.880	0.9076	0.9773	0.9551	0.9341	0.9147
0.890	0.9098	0.9778	0.9562	0.9357	0.9167
0.900	0.9120	0.9784	0.9573	0.9373	0.9188
0.910	0.9142	0.9789	0.9583	0.9388	0.9208
0.920	0.9163	0.9794	0.9594	0.9403	0.9227
0.930	0.9183	0.9799	0.9603	0.9417	0.9246
0.940	0.9203	0.9804	0.9613	0.9432	0.9264
0.950	0.9222	0.9809	0.9623	0.9445	0.9282
0.960	0.9241	0.9814	0.9632	0.9459	0.9299
0.970	0.9260	0.9818	0.9641	0.9472	0.9317
0.980	0.9278	0.9823	0.9649	0.9485	0.9333
0.990	0.9295	0.9827	0.9658	0.9498	0.9349
1.000	0.9313	0.9831	0.9666	0.9510	0.9365
1.100	0.9463	0.9868	0.9739	0.9617	0.9504
1.200	0.9580	0.9897	0.9796	0.9701	0.9613
1.300	0.9672	0.9919	0.9841	0.9766	0.9697
1.400	0.9744	0.9937	0.9876	0.9817	0.9763
1.500	0.9800	0.9951	0.9903	0.9857	0.9815
1.600	0.9844	0.9962	0.9924	0.9888	0.9856
1.700	0.9878	0.9970	0.9941	0.9913	0.9887
1.800	0.9905	0.9977	0.9954	0.9932	0.9912
1.900	0.9925	0.9982	0.9964	0.9947	0.9931
2.000	0.9942	0.9986	0.9972	0.9958	0.9946
2.200	0.9964	0.9991	0.9983	0.9975	0.9967
2.400	0.9978	0.9995	0.9989	0.9985	0.9980
2.600	0.9987	0.9997	0.9994	0.9991	0.9988
2.800	0.9992	0.9998	0.9996	0.9994	0.9993
3.000	0.9995	0.9999	0.9998	0.9996	0.9995
3.200	0.9997	0.9999	0.9999	0.9998	0.9997
3.400	0.9998	1.0000	0.9999	0.9999	0.9998
3.600	0.9999	1.0000	0.9999	0.9999	0.9999
3.800	0.9999	1.0000	1.0000	1.0000	0.9999
4.000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
4.200	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000

CONSOLIDATION					
DRAINAGE PATH					
0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
0.8438	0.8213	0.8032	0.7900	0.7819	0.7792
0.8476	0.8257	0.8080	0.7951	0.7872	0.7845
0.8514	0.8299	0.8127	0.8001	0.7924	0.7898
0.8550	0.8341	0.8173	0.8049	0.7974	0.7949
0.8585	0.8381	0.8217	0.8097	0.8024	0.7999
0.8620	0.8421	0.8261	0.8143	0.8072	0.8048
0.8653	0.8459	0.8303	0.8189	0.8119	0.8095
0.8686	0.8497	0.8344	0.8233	0.8165	0.8142
0.8718	0.8533	0.8385	0.8276	0.8209	0.8187
0.8749	0.8569	0.8424	0.8318	0.8253	0.8231
0.8780	0.8604	0.8463	0.8359	0.8296	0.8274
0.8810	0.8638	0.8500	0.8399	0.8337	0.8316
0.8839	0.8671	0.8537	0.8438	0.8378	0.8358
0.8867	0.8704	0.8572	0.8476	0.8417	0.8398
0.8895	0.8735	0.8607	0.8513	0.8456	0.8437
0.8921	0.8766	0.8641	0.8549	0.8493	0.8475
0.8948	0.8796	0.8674	0.8585	0.8530	0.8512
0.8973	0.8825	0.8706	0.8619	0.8566	0.8548
0.8998	0.8854	0.8738	0.8653	0.8601	0.8584
0.9023	0.8882	0.8769	0.8686	0.8635	0.8618
0.9047	0.8909	0.8799	0.8718	0.8668	0.8652
0.9070	0.8936	0.8828	0.8749	0.8701	0.8685
0.9093	0.8962	0.8857	0.8779	0.8732	0.8717
0.9115	0.8987	0.8884	0.8809	0.8763	0.8748
0.9136	0.9012	0.8912	0.8838	0.8793	0.8778
0.9157	0.9036	0.8938	0.8867	0.8823	0.8808
0.9178	0.9059	0.8964	0.8894	0.8852	0.8837
0.9198	0.9082	0.8989	0.8921	0.8880	0.8866
0.9217	0.9105	0.9014	0.8947	0.8907	0.8893
0.9236	0.9126	0.9038	0.8973	0.8934	0.8920
0.9403	0.9317	0.9248	0.9198	0.9167	0.9156
0.9534	0.9467	0.9413	0.9373	0.9349	0.9341
0.9636	0.9583	0.9541	0.9510	0.9491	0.9485
0.9715	0.9674	0.9641	0.9617	0.9603	0.9598
0.9778	0.9746	0.9720	0.9701	0.9689	0.9686
0.9826	0.9801	0.9781	0.9766	0.9757	0.9754
0.9864	0.9845	0.9829	0.9817	0.9810	0.9808
0.9894	0.9879	0.9866	0.9857	0.9852	0.9850
0.9917	0.9905	0.9896	0.9889	0.9884	0.9883
0.9935	0.9926	0.9918	0.9913	0.9910	0.9908
0.9960	0.9955	0.9950	0.9947	0.9945	0.9944
0.9976	0.9972	0.9970	0.9968	0.9966	0.9966
0.9985	0.9983	0.9981	0.9980	0.9979	0.9979
0.9991	0.9990	0.9989	0.9988	0.9987	0.9987
0.9995	0.9994	0.9993	0.9993	0.9992	0.9992
0.9997	0.9996	0.9996	0.9995	0.9995	0.9995
0.9998	0.9998	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997
0.9999	0.9999	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998
0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999
1.0000	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999
1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000

表-3 压 密 度 数 值 表

U	TIME FACTOR	DEPTH / MAX.			
		0.1	0.2	0.3	0.4
0.10	0.0079	0.4249	0.1105	0.0167	0.0014
0.11	0.0095	0.4682	0.1469	0.0296	0.0037
0.12	0.0113	0.5061	0.1836	0.0461	0.0078
0.13	0.0133	0.5394	0.2196	0.0656	0.0141
0.14	0.0154	0.5687	0.2544	0.0873	0.0226
0.15	0.0177	0.5948	0.2874	0.1105	0.0334
0.16	0.0201	0.6180	0.3186	0.1346	0.0461
0.17	0.0227	0.6388	0.3479	0.1591	0.0605
0.18	0.0254	0.6576	0.3753	0.1836	0.0762
0.19	0.0284	0.6745	0.4010	0.2077	0.0930
0.20	0.0314	0.6899	0.4249	0.2314	0.1105
0.21	0.0346	0.7040	0.4473	0.2544	0.1286
0.22	0.0380	0.7168	0.4682	0.2766	0.1469
0.23	0.0415	0.7287	0.4878	0.2980	0.1653
0.24	0.0452	0.7395	0.5061	0.3186	0.1836
0.25	0.0491	0.7496	0.5233	0.3383	0.2017
0.26	0.0531	0.7589	0.5394	0.3572	0.2196
0.27	0.0573	0.7676	0.5545	0.3753	0.2372
0.28	0.0616	0.7757	0.5687	0.3926	0.2544
0.29	0.0661	0.7832	0.5821	0.4091	0.2711
0.30	0.0707	0.7903	0.5948	0.4249	0.2874
0.31	0.0755	0.7969	0.6067	0.4400	0.3033
0.32	0.0804	0.8031	0.6180	0.4545	0.3187
0.33	0.0855	0.8090	0.6287	0.4683	0.3336
0.34	0.0908	0.8145	0.6388	0.4815	0.3481
0.35	0.0962	0.8197	0.6485	0.4941	0.3621
0.36	0.1018	0.8246	0.6576	0.5063	0.3757
0.37	0.1075	0.8293	0.6664	0.5179	0.3889
0.38	0.1134	0.8337	0.6747	0.5291	0.4018
0.39	0.1195	0.8380	0.6826	0.5399	0.4142
0.40	0.1257	0.8420	0.6903	0.5503	0.4264
0.41	0.1320	0.8459	0.6976	0.5603	0.4382
0.42	0.1385	0.8496	0.7046	0.5700	0.4497
0.43	0.1452	0.8531	0.7113	0.5793	0.4609
0.44	0.1521	0.8565	0.7179	0.5885	0.4719
0.45	0.1591	0.8599	0.7243	0.5974	0.4829
0.46	0.1663	0.8631	0.7304	0.6061	0.4934
0.47	0.1736	0.8661	0.7363	0.6145	0.5038
0.48	0.1811	0.8691	0.7422	0.6227	0.5141
0.49	0.1889	0.8721	0.7479	0.6310	0.5243
0.50	0.1967	0.8750	0.7535	0.6389	0.5343
0.51	0.2047	0.8778	0.7589	0.6467	0.5441
0.52	0.2130	0.8805	0.7643	0.6545	0.5539
0.53	0.2214	0.8832	0.7696	0.6622	0.5636
0.54	0.2300	0.8859	0.7749	0.6698	0.5733
0.55	0.2388	0.8885	0.7800	0.6773	0.5828
0.56	0.2480	0.8912	0.7852	0.6848	0.5925
0.57	0.2571	0.8937	0.7902	0.6921	0.6018
0.58	0.2666	0.8963	0.7953	0.6995	0.6113
0.59	0.2763	0.8989	0.8003	0.7068	0.6207

(圧 密 度 → 時 間 係 数)

U (Z) DRAINAGE PATH					
0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0003	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0009	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0021	0.0002	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0044	0.0006	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000
0.0078	0.0014	0.0002	0.0000	0.0000	0.0000
0.0127	0.0028	0.0005	0.0001	0.0000	0.0000
0.0189	0.0049	0.0010	0.0002	0.0000	0.0000
0.0267	0.0078	0.0019	0.0004	0.0001	0.0000
0.0358	0.0117	0.0033	0.0008	0.0002	0.0001
0.0461	0.0167	0.0052	0.0014	0.0003	0.0001
0.0575	0.0226	0.0078	0.0024	0.0007	0.0003
0.0698	0.0296	0.0111	0.0037	0.0012	0.0006
0.0828	0.0374	0.0152	0.0055	0.0019	0.0010
0.0965	0.0461	0.0200	0.0079	0.0030	0.0018
0.1105	0.0555	0.0255	0.0108	0.0045	0.0028
0.1249	0.0656	0.0318	0.0143	0.0065	0.0043
0.1395	0.0763	0.0387	0.0185	0.0090	0.0063
0.1542	0.0874	0.0463	0.0233	0.0120	0.0088
0.1690	0.0989	0.0545	0.0287	0.0158	0.0119
0.1836	0.1107	0.0632	0.0348	0.0201	0.0156
0.1982	0.1228	0.0724	0.0415	0.0252	0.0201
0.2127	0.1351	0.0821	0.0488	0.0309	0.0253
0.2270	0.1476	0.0922	0.0568	0.0374	0.0312
0.2411	0.1601	0.1027	0.0653	0.0445	0.0379
0.2550	0.1728	0.1136	0.0744	0.0524	0.0453
0.2687	0.1855	0.1248	0.0840	0.0608	0.0533
0.2822	0.1982	0.1362	0.0942	0.0700	0.0621
0.2954	0.2110	0.1480	0.1048	0.0797	0.0715
0.3085	0.2238	0.1599	0.1158	0.0900	0.0815
0.3214	0.2366	0.1721	0.1272	0.1008	0.0921
0.3340	0.2494	0.1845	0.1390	0.1122	0.1033
0.3466	0.2622	0.1971	0.1512	0.1240	0.1149
0.3589	0.2749	0.2098	0.1637	0.1362	0.1270
0.3711	0.2877	0.2227	0.1764	0.1487	0.1395
0.3833	0.3006	0.2359	0.1896	0.1618	0.1526
0.3952	0.3134	0.2490	0.2028	0.1751	0.1659
0.4070	0.3260	0.2622	0.2162	0.1886	0.1793
0.4187	0.3388	0.2755	0.2299	0.2024	0.1932
0.4305	0.3517	0.2891	0.2439	0.2166	0.2075
0.4421	0.3644	0.3026	0.2579	0.2308	0.2218
0.4535	0.3770	0.3161	0.2719	0.2451	0.2362
0.4650	0.3898	0.3298	0.2862	0.2598	0.2509
0.4764	0.4025	0.3435	0.3006	0.2745	0.2657
0.4878	0.4152	0.3572	0.3150	0.2893	0.2807
0.4991	0.4279	0.3710	0.3295	0.3043	0.2958
0.5105	0.4408	0.3850	0.3442	0.3195	0.3111
0.5216	0.4534	0.3987	0.3587	0.3344	0.3263
0.5329	0.4661	0.4126	0.3735	0.3496	0.3416
0.5441	0.4788	0.4265	0.3882	0.3649	0.3571

表-3 压 密 度 数 值 表

U	TIME FACTOR	DEPTH / MAX.			
		0.1	0.2	0.3	0.4
0.60	0.2863	0.9014	0.8053	0.7141	0.6300
0.61	0.2966	0.9039	0.8103	0.7214	0.6394
0.62	0.3071	0.9064	0.8152	0.7286	0.6488
0.63	0.3179	0.9089	0.8201	0.7358	0.6581
0.64	0.3289	0.9114	0.8250	0.7430	0.6673
0.65	0.3403	0.9139	0.8299	0.7502	0.6766
0.66	0.3521	0.9164	0.8348	0.7573	0.6859
0.67	0.3642	0.9188	0.8397	0.7645	0.6952
0.68	0.3766	0.9213	0.8446	0.7717	0.7044
0.69	0.3895	0.9238	0.8494	0.7788	0.7137
0.70	0.4028	0.9262	0.8543	0.7860	0.7229
0.71	0.4165	0.9287	0.8592	0.7931	0.7322
0.72	0.4307	0.9312	0.8640	0.8003	0.7414
0.73	0.4455	0.9336	0.8689	0.8074	0.7506
0.74	0.4608	0.9361	0.8738	0.8145	0.7599
0.75	0.4767	0.9386	0.8786	0.8217	0.7691
0.76	0.4932	0.9410	0.8835	0.8288	0.7784
0.77	0.5104	0.9435	0.8883	0.8359	0.7876
0.78	0.5284	0.9459	0.8932	0.8430	0.7968
0.79	0.5472	0.9484	0.8980	0.8502	0.8060
0.80	0.5670	0.9508	0.9029	0.8573	0.8153
0.81	0.5878	0.9533	0.9077	0.8645	0.8245
0.82	0.6097	0.9558	0.9126	0.8716	0.8337
0.83	0.6329	0.9582	0.9175	0.8787	0.8430
0.84	0.6574	0.9607	0.9223	0.8858	0.8522
0.85	0.6835	0.9631	0.9271	0.8930	0.8614
0.86	0.7115	0.9656	0.9320	0.9001	0.8707
0.87	0.7415	0.9680	0.9369	0.9072	0.8799
0.88	0.7739	0.9705	0.9417	0.9144	0.8891
0.89	0.8092	0.9730	0.9466	0.9215	0.8984
0.90	0.8477	0.9754	0.9514	0.9286	0.9076
0.91	0.8904	0.9779	0.9563	0.9358	0.9168
0.92	0.9381	0.9803	0.9611	0.9429	0.9261
0.93	0.9921	0.9828	0.9660	0.9500	0.9353
0.94	1.0545	0.9852	0.9708	0.9572	0.9445
0.95	1.1282	0.9877	0.9757	0.9643	0.9537
0.96	1.2185	0.9901	0.9805	0.9714	0.9630
0.97	1.3348	0.9926	0.9854	0.9785	0.9722
0.98	1.4984	0.9951	0.9902	0.9857	0.9814
0.99	1.7773	0.9975	0.9951	0.9928	0.9907
1.00	3.6477	1.0000	1.0000	0.9999	0.9999

U (Z) DRAINAGE PATH					
0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
0.5553	0.4915	0.4404	0.4030	0.3802	0.3725
0.5665	0.5043	0.4544	0.4178	0.3956	0.3881
0.5777	0.5170	0.4683	0.4327	0.4110	0.4037
0.5888	0.5298	0.4823	0.4475	0.4264	0.4192
0.5999	0.5424	0.4962	0.4623	0.4417	0.4348
0.6111	0.5551	0.5101	0.4772	0.4572	0.4504
0.6222	0.5678	0.5241	0.4921	0.4726	0.4660
0.6333	0.5805	0.5381	0.5070	0.4881	0.4817
0.6445	0.5933	0.5521	0.5219	0.5036	0.4974
0.6556	0.6060	0.5661	0.5369	0.5190	0.5131
0.6667	0.6187	0.5801	0.5518	0.5345	0.5287
0.6778	0.6314	0.5941	0.5667	0.5500	0.5444
0.6889	0.6441	0.6081	0.5817	0.5655	0.5601
0.7000	0.6568	0.6220	0.5966	0.5811	0.5758
0.7112	0.6695	0.6360	0.6115	0.5966	0.5915
0.7223	0.6822	0.6500	0.6265	0.6121	0.6072
0.7334	0.6950	0.6640	0.6414	0.6276	0.6230
0.7444	0.7076	0.6780	0.6563	0.6430	0.6386
0.7555	0.7203	0.6920	0.6712	0.6585	0.6543
0.7667	0.7330	0.7060	0.6862	0.6741	0.6700
0.7778	0.7457	0.7200	0.7011	0.6896	0.6857
0.7889	0.7585	0.7340	0.7160	0.7051	0.7014
0.8000	0.7712	0.7480	0.7310	0.7206	0.7172
0.8111	0.7839	0.7620	0.7459	0.7362	0.7329
0.8222	0.7966	0.7759	0.7608	0.7516	0.7485
0.8333	0.8093	0.7899	0.7758	0.7671	0.7642
0.8444	0.8220	0.8039	0.7907	0.7827	0.7800
0.8555	0.8347	0.8180	0.8057	0.7982	0.7957
0.8666	0.8474	0.8319	0.8206	0.8137	0.8114
0.8777	0.8601	0.8459	0.8356	0.8292	0.8271
0.8888	0.8728	0.8599	0.8505	0.8447	0.8428
0.8999	0.8855	0.8739	0.8654	0.8602	0.8585
0.9110	0.8982	0.8879	0.8804	0.8758	0.8742
0.9222	0.9109	0.9019	0.8953	0.8913	0.8899
0.9333	0.9236	0.9159	0.9102	0.9068	0.9056
0.9444	0.9363	0.9299	0.9252	0.9223	0.9213
0.9555	0.9490	0.9439	0.9401	0.9378	0.9370
0.9666	0.9618	0.9579	0.9550	0.9533	0.9527
0.9777	0.9745	0.9719	0.9700	0.9688	0.9684
0.9888	0.9872	0.9859	0.9849	0.9843	0.9841
0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9998	0.9998

表-4 圧密度解の級数項の収束性検討のためのプログラム

FORTRAN LIST		66/12
1	10000	C OBSERVATION OF CONVERGENCE OF CONSOLIDATION EQUATION
2	10000	ACCEPT TAPE 100, NBR
3	10006	100 FORMAT (I 2)
4	10006	DIMENSION T (10)
5	10006	ACCEPT TAPE 101, (T(NI), NI=NBR)
6	10033	101 FORMAT (10F6.1)
7	10033	DO 590 N=1, NBR
8	10035	PRINT 102, T (N)
9	10050	102 FORMAT (1H1, 56HOBSERVATION OF CONVERGENCE OF CONSOLIDATION EQUATION (T=, F6.3, 1H)/1H)
10	10050	PRINT 103
11	10054	103 FORMAT (1H0, 3HNO., 3X, 15HDELTA (Z/H=0.05), 8X, 11HU (Z/H=0.05), 4X, 15HDELTA (Z/H=0.50), 8X, 11HU (Z/H=0.50), 4X, 15HDELTA (Z/H=1.00), 8X, 11HU (Z/H=1.00))
12	10054	U1=0
13	10057	U2=0
14	10062	U3=0
15	10065	DO 690 NN=1, 50
16	10067	P=1.570796327*(2.0*(FLOATF(NN)-1.0)+1.0)
17	10076	EX=T(N)*(P**2)
18	10110	IF (EX--354.0) 601, 590, 590
19	10115	601 EMT=EXPF (-EX)
20	10121	ZHM1=0.05*P
21	10124	ZHM2=0.5*P
22	10127	ZHM3=P
23	10131	SU1=SINF (ZHM1)
24	10134	SU2=SINF (ZHM2)
25	10137	SU3=SINF (ZHM3)
26	10142	DEL1=2.0*EMT*SU1/P
27	10147	DEL2=2.0*EMT*SU2/P
28	10154	DEL3=2.0*EMT*SU3/P
29	10161	U1=U1+DEL1
30	10164	U2=U2+DEL2
31	10167	U3=U3+DEL3
32	10172	PRINT 104, NN, DEL1, U1, DEL2, U2, DEL3, U3
33	10214	104 FORMAT (1H, 12, 4X, 6 (E15.6, 4X))
34	10214	690 CONTINUE
35	10224	590 CONTINUE
36	10234	CALL EXIT
37	10235	END (1, 0, 0, 0, 0)
PROCESSING	COMPLETE	OBJECT PROGRAM 00235

表-5 圧密度数値表（時間係数 → 圧密度）計算のためのプログラム

FORTRAN LIST 66/12		
1	10000	C CONSOLIDATION TABLE, FROM TIME FACTOR TO DEGREE OF CONSOLIDATION
2	10000	C PROGRAMMED BY H. TSUCHIDA
3	10000	DIMENSION XM(50), UZ(20), RZ(10)
4	10000	DO 10 KR=1, 10
5	10002	10 RZ(KR)=FLOA TF(KR)*0.1
6	10023	PRINT 100, (RZ(N), N=1, 10)
7	10050	100 FORMAT (1H1, 2X, 1HT, 44X, 23HDEGREE OF CONSOLIDATION/1H, 10X, 7H AVERAGE, 37X, 24HDEPTH/MAX. DRAINAGE PATH/1H0, 17X, 10F9.1)
8	10050	DO 500 K=1, 50
9	10052	MK=K-1
10	10055	AM=FLOATF (MK)
11	10060	500 XM(K)=1.570796327*(2.0*AM+1.0)
12	10102	LINE=1
13	10104	I=1
14	10106	610 XI=I
15	10111	T=XI/1000.
16	10114	DO 600 IZ=1, 10
17	10116	UZ(IZ)=0.
18	10125	ZH=0.1*FLOATF(IZ)
19	10131	DO 700 M=1, 50
20	10133	ZHM=ZH*XM(M)
21	10143	S=SINF(ZHM)
22	10146	P=(XM(M)**2.0)*T*(-1.0)
23	10164	EP=EXPF(P)
24	10167	DUZ=2.0*S*EP/XM(M)
25	10201	UZ(IZ)=UZ(IZ)+DUZ
26	10216	EXM=2.0*EP/XM(M)
27	10227	ADUZ=ABSF(EXM)
28	10232	IF (ADUZ-10.0E-10) 601, 700, 700
29	10237	700 CONTINUE
30	10247	601 UZ(IZ)=1.0-UZ(IZ)
31	10264	600 CONTINUE
32	10274	UT=0.
33	10276	DO 800 M1=1, 50
34	10300	P1=(XM(M1)**2.0)*T*(-1.0)
35	10316	EP1=EXPF(P1)

表-5 圧密度数値表（時間係数 → 圧密度）計算のためのプログラム

36	10321	SQM=XM(M1)**2.0
37	10332	DUT=2.0*EP1/SQM
38	10336	ADUT=ABSF(DUT)
39	10341	IF (ADUT-10.0E-10) 810, 800, 800
40	10346	800 UT=UT+DUT
41	10361	810 UTA=1.0-UT
42	10364	PRINT 102, T, UTA, (UZ(IZ), IZ=1, 10)
43	10415	102 FORMAT(1H, F6.3, F11.4, 2X, 10F9.4)
44	10415	LAM=XMODF(LINE, 50)
45	10421	LINE=LINE+1
46	10424	IF (LAM) 852, 851, 852
47	10430	852 LAM1=XMODF(LINE, 10)-1
48	10435	IF (LAM1) 850, 853, 850
49	10441	853 PRINT 104
50	10445	104 FORMAT(1H)
51	10445	GO TO 850
52	10446	851 PRINT 100, (RZ(N), N=1, 10)
53	10473	850 IF (I-100) 855, 856, 857
54	10500	855 I=I+1
55	10503	GO TO 610
56	10504	857 IF (I-500) 856, 860, 860
57	10511	856 I=I+5
58	10514	GO TO 610
59	10515	860 IF (I-1000) 871, 872, 872
60	10522	871 I=I+10
61	10525	GO TO 610
62	10526	872 IF (I-2000) 900, 901, 901
63	10533	900 I=I+100
64	10536	GO TO 610
65	10537	901 IF (I-10000) 910, 911, 911
66	10544	910 I=I+200
67	10547	GO TO 610
68	10550	911 CALL EXIT
69	10551	END (1, 0, 0, 0, 0)
PROCESSING	COMPLETE	OBJECT PROGRAM 00551

表-6 圧密度数値表 (圧密度 → 時間係数) 計算のためのプログラム

FORTRAN LIST 66/12		
1	10000	SUBROUTINE ADC (T, UA, XM)
2	10006	C PROGRAMMED BY H. TSUCHIDA, MAY 1968
3	10006	DIMENSION XM(50)
4	10006	UA=0.0
5	10010	DO 1 KSI=1, 50
6	10012	P=(XM(KSI)**2.0)*T*(-1.0)
7	10030	IF (ABS(P)-330.0) 3, 3, 2
8	10036	2 EP=0.0
9	10040	GO TO 4
10	10041	3 EP=EXPF(P)
11	10044	4 SQM=XM(KSI)**2.0
12	10055	DUA=2.0*EP/SQM
13	10061	UA=UA+DUA
14	10064	ADUA=ABS(P) (DUA)
15	10067	IF (ADUA-10.0E-10) 10, 10, 1
16	10074	1 CONTINUE
17	10104	10 RETURN
18	10105	END (0, 1, 0, 0, 0)
19	10117	C TABLE OF CONSOLIDATION, FROM DEGREE OF CONSOLI-
		DATION TO TIME FACTOR PROGRAMMED BY H. TSUCHI-
		DA.
20	10117	DIMENSION XM(50), UZ(20), RZ(10), TABU(11), TABT(11)
21	10117	DO 1 K1=1, 10
22	10121	1 RZ(K1)=FLOATF(K1)*0.1
23	10142	DO 2 K2=1, 50
24	10144	AM=K2-1
25	10150	2 XM(K2)=1.570796327*(2.0*AM+1.0)
26	10172	L=0
27	10174	TL=0.007
28	10176	UL=0.0944
29	10200	TH=0.008
30	10202	UH=0.1009
31	10204	DO 3 K3=1, 91
31	10206	U=FLOATF(K3+9)/100.0
33	10213	US=1.0-U
34	10216	IF (U--0.6) 200, 200, 201
35	10223	200 TA=0.785398164*(U**2.0)
36	10230	GO TO 202
37	10231	201 IF (US) 203, 203, 204
38	10235	203 TA=3.65
39	10237	GO TO 202
40	10240	204 TA=-0.9332*LOGF(U)-0.0851
41	10246	202 CALL ADC(TA, USA, XM)
42	10252	UA=1.0-USA
43	10255	IF (ABS(US-USA)-10.0E-5) 205, 205, 206
44	10264	206 IF (US-USA) 207, 205, 208
45	10271	207 TL=TA

表-6 圧密度数値表 (圧密度 → 時間係数) 計算のためのプログラム

46	10273	UL=UA
47	10275	GO TO 209
48	10276	208 TH=TA
49	10300	UH=UA
50	10302	209 IF (UH-U) 210, 212, 212
51	10307	210 IF (U-0.6) 230, 231, 231
52	10314	230 THT=TH+0.01
53	10317	GO TO 232
54	10320	231 THT=TH+0.1
55	10323	232 CALL ADC (THT, UHT, XM)
56	10327	TL=TH
57	10331	UL=UH
58	10333	TH=THT
59	10335	UH=1.0-UHT
60	10340	GO TO 209
61	10341	212 TA=TL+(TH-TL)*(U-UL)/(UH-UL)
62	10355	GO TO 202
63	10356	205 TAA=TA-0.0001
64	10361	213 CALL ADC (TAA, USAA, XM)
65	10365	IF (ABSF(US-USAA)-10.0E-5) 215, 215, 214
66	10374	215 TA=TAA
67	10376	UA=1.0-USAA
68	10401	GO TO 205
69	10402	214 DO 5 K5=1, 10
70	10404	UZ(K5)=0.0
71	10413	ZH=0.1*FLOATF(K5)
72	10417	DO 6 K6=1, 50
73	10421	ZHM=ZH*XM(K6)
74	10431	S=SINF(ZHM)
75	10434	PP=(XM(K6)**2.0)*TA*(-1.0)
76	10452	IF (ABSF(PP)-330.0) 252, 252, 251
77	10460	251 EPP=0.0
78	10462	GO TO 253
79	10463	252 EPP=EXPF(PP)
80	10466	253 DUZ=2.0*S*EPP/XM(K6)
81	10500	UZ(K5)=UZ(K5)+DUZ
82	10515	EXM=2.0*EPP/XM(K6)
83	10526	IF (EXM-10.0E-10) 221, 221, 6
84	10533	6 CONTINUE
85	10543	221 UZ(K5)=1.0-UZ(K5)
86	10560	5 CONTINUE
87	10570	IF (XMODF(L, 50)) 217, 216, 217
88	10576	216 PRINT 100, (RZ(I), I=1, 10)
89	10623	100 FORMAT (1H, 3X, 1HU, 8X, 4HTIME, 44X, 4HU(Z)/1H, 11X, 6HFACTOR, 33X, 24HDEPTH/MAX. DRAINAGE PATH/IHO, 20X, 10F8.1)
90	10623	217 IF (XMODF(L, 10)) 219, 218, 219
91	10631	218 PRINT 101
92	10635	101 FORMAT(1H)
93	10635	219 PRINT 102, UA, TA, (UZ(I), I=1, 10)
94	10666	102 FORMAT (1H, F5.2, 5X, F7.4, 4X, 10F8.4)
95	10666	L=L+1
96	10671	3 CONTINUE
97	10701	CALL EXIT
98	10702	END (1, 0, 0, 0, 0)
PROCESSING	COMPLETE	OBJECT PROGRAM 00702

3. あとがき

ここで報告した圧密度の数値計算は、電子計算機の使える今日ではとりたてて報告するほどのものではない。むしろ、これからデジタル電子計算機のプログラミングを覚えようとする人にとっては格好の演習問題と云えよう。したがって、この数値表もすでに自分で作って使用している人も多いことと思う。著者も、ある仕事のために必要となって作り、使用後は書棚の隅に放置しておいたのであった。しかし、このような自家製の数値表は、それを必要とする人の目にふれず、必要となる度に誰かが同じ作業をくり返したり、不便をしのいで他の方法で仕事をすることになりかねない。ことに、最近、港研土質部でこの数値表を多数必要とする仕事が発生したので、この数値表を資料として印刷することにした。

この計算は TOSBAC-3400 が港研に搬入され、調整の仕上げを兼ねて試験的に運用しているときに行なっ

た。したがって、FORTRAN システムプログラムや計算機調整の都合からここで示したプログラムは若干スマートでない点がある。しかし、最近計算をやり直して実際上の支障はないことを確めてある。

参考文献

- 1) たとえば, Terzaghi, K.: Theoretical Soil Mechanics. New York, John Wiley & Sons. 1961, pp. 270-274.
- 2) たとえば, Taylor, D. W.: Fundamentals of Soil Mechanics. New York, John Wiley & Sons. 1962, pp. 235 および pp. 237.
- 3) TOSBAC-3400 プログラミング説明書, サブルーチン (TOPS-1) (東京芝浦電気株式会社)
- 4) TOSBAC-3400A システム説明書 FORTRAN (東京芝浦電気株式会社), pp. 1.

(43. 3. 27受付)

圧密の図解法

つと 田 肇*

1. まえがき

一種類の粘土からなる層が、上下両面から排水可能な状態で圧密される場合については解析解が求められ、広く用いられている。しかし、異なった粘土層が重なっている場合については、解析解を求めることが困難であり、求まっても非常に複雑な形となって実用上不便なことが多い。近年、電子計算機の発達により複雑な問題の数値計算も可能になりつつある。しかし、だれもが必要なきに簡単に電子計算機を使えるわけではないので、だれにでも使える圧密の計算法の必要性はいぜん大きい。

ヨセリン・ディ・ヨング(G. de Josselin de Jong)*とランゲカン** (A. Langejan)はシュミット(E. Schmidt)が熱伝導の方程式を解くために用いた方法^{1),2)}を粘土の圧密に応用した。この方法によれば、異なった粘土層が何層も重なっている場合でも、簡単に圧密中の過剰間ゲキ水圧の等時線や沈下を求めることができる。筆者はヨング教授からこの図解法について説明を受けたのでここに紹介する。

まず過剰間ゲキ水圧等時線の求め方を説明し、その後、求まった等時線から沈下量を求める方法を説明する。

2. 過剰間ゲキ水圧の求め方 (一種類の粘土からなる層の圧密)

粘土層が十分透水性の大きい砂層にはさまれている状態を考える。いま、 p なる荷重が新たに加えられたとすると、載荷以前に過剰間ゲキ水圧が存在しなければ、載荷直後には図-1に示されているように、粘土層のすべての点に p に等しい過剰間ゲキ水圧が発生する (t は

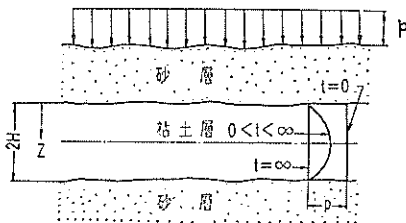


図-1 粘土層の圧密

載荷したときからの経過時間)。この過剰間ゲキ水圧は時間とともに減少するが、砂層に近い部分はその減少がいちじるしく、ある程度の時間がすぎれば図-1に示すように、大体正弦的な分布を示す。さらに時間がすぎるとつれ、この過剰間ゲキ水圧はゼロに近づく。この過剰間ゲキ水圧の等時線は次のようにして図式的に求めることができる。

載荷後、時間 t_a および $t_a + \Delta t$ が経過したときの過剰間ゲキ水圧が図-2のとおりであるとする。粘土層を厚さ Δz なる層に分け、その層内では過剰間ゲキ水圧は深さに対して直線的に変化すると近似する。また、 $t=t_a$ に対する過剰間ゲキ水圧を u 、 $t=t_a + \Delta t$ に対するものを u' で表わす。図-3は図-2の一部分を拡大したものである。便宜上、厚

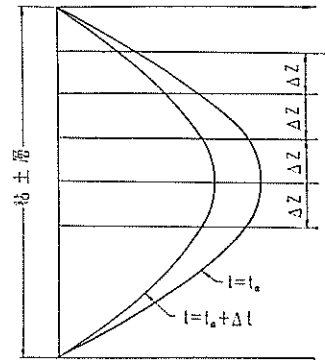


図-2 $t=t_a$ および $t_a + \Delta t$ に対する過剰間ゲキ水圧の等時線

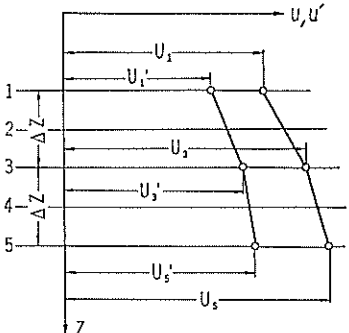


図-3 過剰間ゲキ水圧等時線 (一部分) u, u' にも同じ番号の添字をつけて区別する。

圧密の方程式は

$$\frac{\partial u}{\partial t} = c_v \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \dots \dots \dots (1)$$

ここに u : 過剰間ゲキ水圧
 t : 時間
 z : 粘土層上面からの深さ
 c_v : 圧密係数

である。この方程式を上で説明したことをもとに書き直す。たとえば③なる面については

$$\frac{\partial u}{\partial t} \approx \frac{\Delta u}{\Delta t} = \frac{u_3' - u_3}{\Delta t} \dots (2)$$

他方 $\frac{\partial^2 u}{\partial z^2}$ は近似的に Δz なる区間における $\frac{\partial u}{\partial z}$ の変化率と考えられるから

$$\frac{\partial^2 u}{\partial z^2} = \frac{\Delta \left(\frac{\Delta u}{\Delta z} \right)}{\Delta z} \dots (3)$$

境界面②については $\left(\frac{\Delta u}{\Delta z} \right)_2 = \frac{u_3 - u_1}{\Delta z}$

境界面④については $\left(\frac{\Delta u}{\Delta z} \right)_4 = \frac{u_5 - u_3}{\Delta z}$

したがって、境界面③については、

$$\frac{\partial^2 u}{\partial z^2} = \frac{\left(\frac{\Delta u}{\Delta z} \right)_4 - \left(\frac{\Delta u}{\Delta z} \right)_2}{\Delta z} = \frac{u_5 - 2u_3 + u_1}{(\Delta z)^2} \dots (4)$$

よって、(1) 式は近似的に次のように書くことができる。

$$\frac{u_3' - u_3}{\Delta t} = c_v \frac{u_5 - 2u_3 + u_1}{(\Delta z)^2} \dots (5)$$

ここで Δt を $\frac{(\Delta z)^2}{2c_v}$ となるように定めると (5) 式は

$$u_3' - u_3 = \frac{1}{2}(u_5 + u_1) - u_3$$

$$\therefore u_3' = \frac{1}{2}(u_5 + u_1) \dots (6)$$

(6) 式の関係は粘土層のいずれの部分についても成立する。したがって、

$$\Delta t = \frac{(\Delta z)^2}{2c_v} \dots (7)$$

なる関係を満足するように Δt と Δz を定めれば、あ

る時間の互いに $2\Delta z$ 離れた 2 点の過剰間ゲキ水圧の平均は、2 点の midpoint の Δt 後の過剰間ゲキ水圧となる。図式的には図-4 に示すように、過剰間ゲキ水圧の等時線を

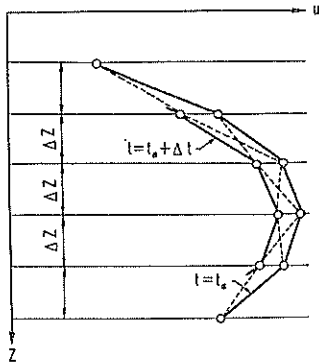


図-4 図解法による過剰間ゲキ水圧の求め方

深さ方向に Δz で区切り、ある深さから Δz 上および Δz 下の点に対応する等時線上の点を結び、この線と最初に考えた深さにある横軸と平行な線との交点を求めれば、これがその深さにおける Δt 後の過剰間ゲキ水圧となる。このような手段をくりかえせば Δt 後の過剰間ゲキ水圧が Δz ごとの各点で求まる。粘土層と砂層との境界 ($z=0, z=2H$) では、

それより Δz 上または Δz 下の位置が粘土層の外に出てしまうので、上に述べた方法では Δt 後の過剰間ゲキ水圧が求まらない。しかし粘土層と砂層との境界では $t=0$ で $u=p, t>0$ で $u=0$ となることが明らかであるから、このことを適用すればよい。このようにして求めた各点を結び Δt 後の等時線となる。新たに求まった等時線に対し同じことを行なえば、さらに Δt 後の過剰間ゲキ水圧が求まる。このようにして、 Δt の整数倍の時間に対する過剰間ゲキ水圧を求めることができる。

この方法では、ある時間の過剰間ゲキ水圧が、深さ Δz ごとに与えられたときに、それ以後の過剰間ゲキ水圧が Δt ごとに求められるのであるから、計算の出発値となるべき過剰間ゲキ水圧は与えられねばならない。載荷後、ある時間が経過したときの過剰間ゲキ水圧がわかっていて、それから先の過剰間ゲキ水圧を求めるときは、そのわかっている過剰間ゲキ水圧を出発値とすればよい。しかし、多くの場合、 $t=0$ から出発する。 $t=0$ における過剰間ゲキ水圧は図-1 に示されているように、粘土層全体にわたり加えられた荷重強さ p に等しいから、これを出発値として用いる。図-5 に $t=\Delta t$ から $t=6\Delta t$ までの等時線を求める手順を示した。

この方法では粘土層と砂層の境界 ($z=0, z=2H$) における過剰間ゲキ水圧が、 $t=0$ では $u=p$ で、微少時間後には急にゼロになってしまうことが原因で、載荷直後の近似度が落ちる。しかし、 Δz を小さくすることにより (当然 Δt も小さくなるが) 実用上十分な精度を得ることができる。ことに、時間が進むにつれて、同じ Δz を用いても精度はよくなる。

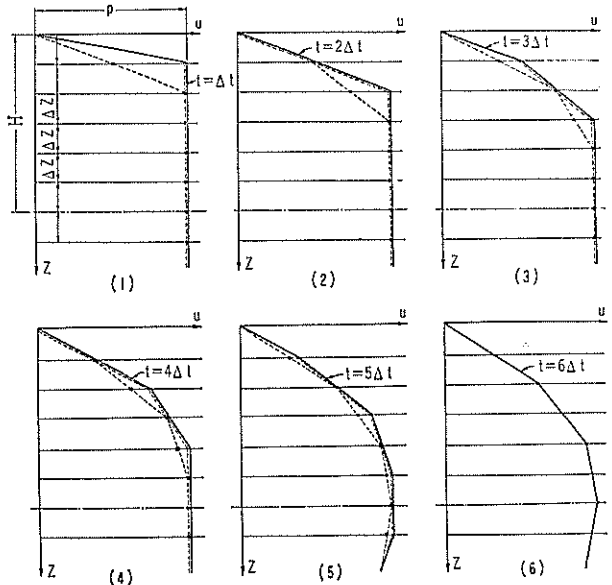


図-5 図解法による $t=0$ から $t=6\Delta t$ までの等時線の求め方 (実線は等時線、点線は Δt 後の過剰間ゲキ水圧を求めるためのもの、 Δt 後の過剰間ゲキ水圧)

<計算例>

層厚 (2H) 144 cm, 透水係数 (k) 10^{-8} cm/sec, 水の単位体積重量 (γ_w) 10^{-3} kg/cm³, 体積圧縮係数 (m_v) 0.2 cm²/kg の粘土層が上下両面から排水可能な状態で圧密される時、載荷後 60 日の過剰間ゲキ水圧を求めてみる。一応 Δt を 6 日として計算する。

$$c_v = \frac{k}{m_v \gamma_w} = \frac{10^{-8}}{0.2 \times 10^{-3}} = 0.5 \times 10^{-4} \text{ cm}^2/\text{sec}$$

$$\Delta t = 6 \text{ days} = 518400 \text{ sec}$$

$$\Delta t = \frac{(dz)^2}{2c_v}$$

$$\therefore dz = \sqrt{2c_v \Delta t} = \sqrt{2 \times 0.5 \times 10^{-4} \times 518400} = 7.2 \text{ cm}$$

したがって、全層を 20 等分して図解法を適用すると、図-6 の折線で示されるような過剰間ゲキ水圧の等時線が求まった。一方、計算により求められた等時線は図-6 の点線に示されるようになり実用上十分な精度を有することがわかる。

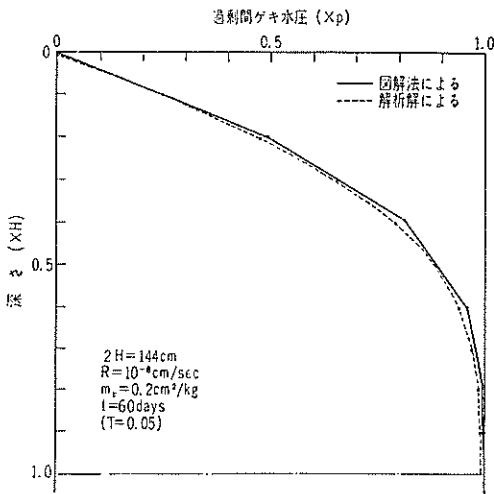


図-6 図解法と解析解により求められた過剰間ゲキ水圧等時線

過剰間ゲキ水圧の変化は時間が進むにつれて緩慢となる。したがって、圧密の初期に対して適当な精度が保たれるように Δt を定めると、圧密の中期あるいは後期に対する過剰間ゲキ水圧を求めるのに非常な手数がかかる。それで適当な時期に Δt を大きくするとよい。 Δt を大きくするには dz も大きくしなければならない。 Δt と dz の間には (7) 式の関係が満足されねばならないから、圧密の初期に対する Δt を Δt_0 、それに対応する dz を dz_0 とすると、

$$\Delta t_0 = \frac{(dz_0)^2}{2c_v} \dots\dots\dots(8)$$

新たに定める Δt を Δt_n 、それに対応する dz を dz_n とすると、

$$\Delta t_n = \frac{(dz_n)^2}{2c_v} \dots\dots\dots(9)$$

なる関係が満足されねばならない。(8),(9)式から c_v を消去すると

$$\frac{(dz_0)^2}{\Delta t_0} = \frac{(dz_n)^2}{\Delta t_n}$$

いま、 dz_n は dz_0 の ξ 倍とすれば

$$\frac{\Delta t_n}{\Delta t_0} = \left(\frac{\xi \cdot dz_0}{dz_0}\right)^2$$

$$\therefore \Delta t_n = \xi^2 \Delta t \dots\dots\dots(10)$$

したがって、 dz を ξ 倍に変更すると、新しい Δt はそれまでのものの ξ^2 倍となることがわかる。

<計算例>

先の計算例では $dz = 7.2$ cm, $\Delta t = 6$ days であった。途中から dz を 2 倍の 14.4 cm に変えたと、その後の 1 操作に対する時間の進み Δt は $6 \times 2^2 = 24$ days となる。

実際には圧密の初期に対しては小さな dz を使い、時間が進むにつれて、時々大きな dz に変えていくと、必要な精度を保ちながら能率的に作業を進めることができる。また、過剰間ゲキ水圧の等時線は、なめらかな曲線となることがわかっているので、図解法により求まった各点を曲線で結べば近似度は一層よくなるであろう。

3. 過剰間ゲキ水圧の求め方 (二種類以上の粘土層が重なっている場合)

異なった粘土層が重なっている場合にも、前節で説明した図解法が適用できる。異なった粘土層が何層か重なって同時に圧密される場合に、新たに問題となる条件は次の 2 点である。

(1) 過剰間ゲキ水圧の等時線を描くとき、各段階の時間間隔 Δt がすべての層に対して同一でなければならない。

(2) 境界面においては、一方の粘土層から流出していく水と他方の粘土層へ流入していく水の平均流速が等しくなければならない。

いま、簡単のために圧密される粘土層が二種類の粘土層からなる場合について考える。

上側の層の体積圧縮係数 m_{v1} , 透水係数 k_1

下側の層の体積圧縮係数 m_{v2} , 透水係数 k_2

とし、

$$m_{v1} = \alpha m_{v2} \dots\dots\dots(11)$$

$$k_1 = \beta k_2 \dots\dots\dots(12)$$

であるとする。両層に対する時間間隔を $\Delta t_1, \Delta t_2$ とすると、

$$\Delta t_1 = \frac{(dz_1)^2}{2c_{v1}} = \frac{(dz_1)^2}{2 \cdot \frac{k_1}{m_{v1} \gamma_w}} = \frac{(dz_1)^2 m_{v1} \gamma_w}{2k_1} \dots\dots(13)$$

$$\Delta t_2 = \frac{(d z_2)^2}{2 c_{v2}} = \frac{(d z_2)^2}{2 \cdot \frac{k_2}{m_{v2} \gamma_w}} = \frac{(d z_2)^2 m_{v2} \gamma_w}{2 k_2} \dots (14)$$

となる。 $\Delta t_1 = \Delta t_2$ でなければならぬから

$$\frac{(d z_1)^2 m_{v1} \gamma_w}{2 k_1} = \frac{(d z_2)^2 m_{v2} \gamma_w}{2 k_2}$$

$$\therefore (d z_1)^2 = \frac{m_{v2}}{m_{v1}} \cdot \frac{k_1}{k_2} \cdot (d z_2)^2$$

(11), (12) 式の関係を用いて上式を変形すれば

$$d z_1 = \sqrt{\frac{\beta}{\alpha}} \cdot d z_2 \dots (15)$$

となり、両層に対し同一の時間間隔をとるためには第1層の区分は第2層の区分の $\sqrt{\beta/\alpha}$ 倍でなければならぬことがわかる。このように $d z_1, d z_2$ を定めれば両層に対して共通の Δt が得られるが、このままでは境界面で等時線が折れるので、作図をどのようにするかが問題となる。これについては、上にあげた条件(2)をもととして調べてみる。

上下両層の境界面近くの部分を取出し、それぞれ $d z_1, d z_2$ で区切り、各区切りに対し図-7に示すおりの記号をつける。そうすると、ある時間に対する過剰間ゲキ水圧の等時線は、図中の実線で示されたABC…のような曲線となる(必ずしも上側が小さな過剰間ゲキ水圧を示すとは限らない。それは各層の層厚や透水係数などにより定まるが、その形は図解法を進めると自然に求まるので、前もって予測する必要はない)。上側の層で考えた境界面*b*における平均流速(実際の流速ではなく、流量を土粒子の占める面積も含めた全断面で割って得られる流速、すなわちダルシー(Darcy)の法則で定義される流速)を V_{1b} とすると、

$$V_{1b} = -\frac{k_1}{\gamma_w} \left(\frac{\partial u}{\partial z} \right)_{1b} \dots (16)$$

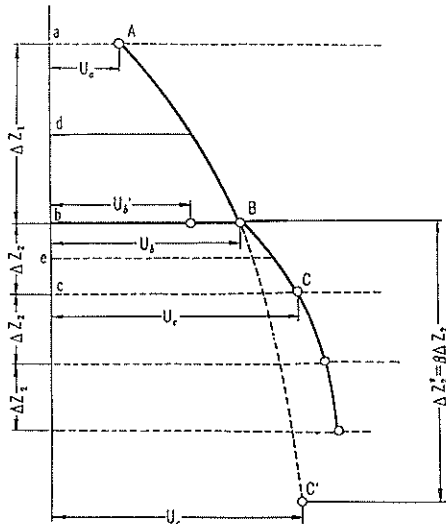


図-7 過剰間ゲキ水圧等時線(実線)と下層部の縦軸を β 倍に描いたもの

となる。ここに、 $\left(\frac{\partial u}{\partial z} \right)_{1b}$ は上層で考えた境界面における過剰間ゲキ水圧の変化率である。同様に、下層で考える境界面の平均流速 V_{b2} は下のとおりである。

$$V_{b2} = -\frac{k_2}{\gamma_w} \left(\frac{\partial u}{\partial z} \right)_{2b} \dots (17)$$

当然のこととして、 $V_{1b} = V_{b2}$ でなければならぬから

$$\frac{k_1}{\gamma_w} \left(\frac{\partial u}{\partial z} \right)_{1b} = \frac{k_2}{\gamma_w} \left(\frac{\partial u}{\partial z} \right)_{2b}$$

$$\therefore \left(\frac{\partial u}{\partial z} \right)_{1b} = \frac{k_2}{k_1} \left(\frac{\partial u}{\partial z} \right)_{2b} = \frac{1}{\beta} \left(\frac{\partial u}{\partial z} \right)_{2b} \dots (18)$$

いま、 $z^* = \beta z$ とすると(18)式は

$$\left(\frac{\partial u}{\partial z} \right)_{1b} = \frac{1}{\beta} \left(\frac{\partial u}{\partial z^*} \cdot \frac{\partial z^*}{\partial z} \right)_{2b}$$

$$\therefore \left(\frac{\partial u}{\partial z} \right)_{1b} = \left(\frac{\partial u}{\partial z^*} \right)_{2b} \dots (19)$$

となる。このことから、下層の深さ方向の長さを β 倍した図を描くと、過剰間ゲキ水圧の等時線は上下両層を通してなめらかな曲線(図-7ではABC…)となることがわかり、前節で説明した図解法が適用できることが予想される。

下層を深さ方向に β 倍に引き伸ばしまたは圧縮した図を描いて、前節の図解法により求めた過剰間ゲキ水圧が正しいものか否かを調べてみる。 u_a, u_b, u_c はそれぞれの深さのある時間に対する過剰間ゲキ水圧を表わし、 u_b' は時間が Δt だけ進んだときの境界面における過剰間ゲキ水圧を表わす。 a と*b*の中間に*d*、*b*と*c*の中間に*e*なる面を考え、*d, e*における平均流速を V_d, V_e とすると、

$$V_d = -\frac{k_1}{\gamma_w} \left(\frac{\partial u}{\partial z} \right)_d = -\frac{k_1}{\gamma_w} \cdot \frac{(u_b - u_a)}{d z_1} \dots (20)$$

$$V_e = -\frac{k_2}{\gamma_w} \left(\frac{\partial u}{\partial z} \right)_e = -\frac{k_2}{\gamma_w} \cdot \frac{(u_c - u_b)}{d z_2} \dots (21)$$

いま、粘土層の面積を*F*とすると、時間 Δt の間に*de*間の粘土層が失う水の量は $(V_e - V_d) \cdot \Delta t \cdot F$ となる。この量は Δt の間に粘土が圧縮された量に等しくなければならない。*de*間の粘土層が Δt の間に圧縮される量は下のようになる。

$$\begin{aligned} & -\frac{\partial u}{\partial t} \left(m_{v1} \frac{d z_1}{2} + m_{v2} \frac{d z_2}{2} \right) \cdot \Delta t \cdot F \\ & \approx -\frac{u_b' - u_b}{\Delta t} \left(m_{v1} \frac{d z_1}{2} + m_{v2} \frac{d z_2}{2} \right) \cdot \Delta t \cdot F \end{aligned}$$

流出する水の量と圧縮量を等しいと置いて次式を得る。

$$\begin{aligned} & \frac{u_b - u_b'}{\Delta t} \left(m_{v1} \frac{d z_1}{2} + m_{v2} \frac{d z_2}{2} \right) \cdot \Delta t \cdot F \\ & = \left(\frac{k_1}{\gamma_w} \frac{u_b - u_a}{d z_1} - \frac{k_2}{\gamma_w} \frac{u_c - u_b}{d z_2} \right) \cdot \Delta t \cdot F \dots (22) \end{aligned}$$

Δt と $d z_1, d z_2$ の間には下の関係を満足するようにそれぞれを定めてあった。

$$\Delta t = \frac{\Delta z_1^2}{2 c_{v1}} = \frac{\Delta z_1^2}{2 \left(\frac{k_1}{r_w} \right) m_{v1}}$$

$$\Delta t = \frac{\Delta z_2^2}{2 c_{v2}} = \frac{\Delta z_2^2}{2 \left(\frac{k_2}{r_w} \right) m_{v2}}$$

上の関係式を変形して次式を得る。

$$m_{v1} \frac{\Delta z_1}{2} = \frac{k_1 \Delta t}{r_w \Delta z_1}, \quad m_{v2} \frac{\Delta z_2}{2} = \frac{k_2 \Delta t}{r_w \Delta z_2}$$

上式を(22)式に代入して整理すると、

$$\begin{aligned} & (u_b - u_b') \left(\frac{k_1}{r_w \Delta z_1} + \frac{k_2}{r_w \Delta z_2} \right) \\ &= \frac{k_1}{r_w} \cdot \frac{u_b - u_a}{\Delta z_1} - \frac{k_2}{r_w} \cdot \frac{u_c - u_b}{\Delta z_2} \\ & (u_b' - u_a) \frac{k_1}{\Delta z_1} = (u_c - u_b') \frac{k_2}{\Delta z_2} \\ & \frac{u_b' - u_a}{\Delta z_1} = \frac{u_c - u_b'}{\beta \Delta z_2} \\ \therefore \frac{u_b' - u_b}{\Delta z_1} &= \frac{u_c - u_b'}{\Delta z_2^*} \dots \dots \dots (23) \end{aligned}$$

この関係式は図-8に示されているように、 u_b' が u_a と u_c を結ぶ線と境界面の交点にあることを示している。以上により、異なる粘土層が重なって圧密を受ける場合には、下の粘土層を β 倍して作図することにより、一層の粘土層に用いた図解法が用いられることが明らかになった。

実際に作図する時には、下層全体を β 倍したものを描く必要はない。上層は Δz_1 、下層は Δz_2 で区切り普通に作図する。さらに、境界から下側に Δz_2^* 離れたところに、境界面と平行に線を引く。 u_b' を求めるときには、境界面から Δz_2 離れたところの過剰間ゲキ水圧 u_c をこの線に移して、これと u_a を結んで境界面との交点を u_b' とすればよい。その他の部分については、先に説明した方法と全く同様に行なえばよい。

ここでは二層の場合について説明したが、三層またはそれ以上の粘土層が重なっている場合にも全く同様の方法で過剰間ゲキ水圧を求めることができる。

<計算例>

上層：層厚 800 cm, $k_1 = 7 \times 10^{-6}$ cm/sec,
 $m_{v1} = 1.63$ cm²/kg
 下層：層厚 900 cm, $k_2 = 10^{-6}$ cm/sec,
 $m_{v2} = 0.104$ cm²/kg

なる二種の粘土層が重なって圧密されるときの過剰間ゲキ水圧を求めよう。

第1層の区分 Δz_1 を100 cmとすると、それに対する Δt は、

$$\Delta t = \frac{\Delta z_1^2}{2 \left(\frac{k_1}{r_w} \right) m_{v1}} = \frac{100^2}{2 \times \left(\frac{7 \times 10^{-6}}{10^{-3}} \right) \times 1.63}$$

$$= 116 \times 10^4 \text{ sec} = 13.4 \text{ days}$$

$$\alpha = \frac{m_{v1}}{m_{v2}} = \frac{1.63}{0.104} = 15.7$$

$$\beta = \frac{k_1}{k_2} = \frac{7 \times 10^{-6}}{10^{-6}} = 7$$

$$\Delta z_2 = \frac{\Delta z_1}{\sqrt{\frac{\beta}{\alpha}}} = \frac{100}{\sqrt{\frac{7}{15.7}}} = 150 \text{ cm}$$

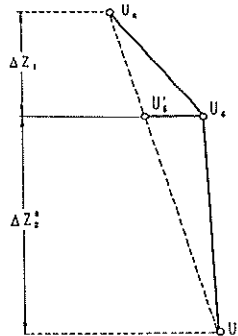
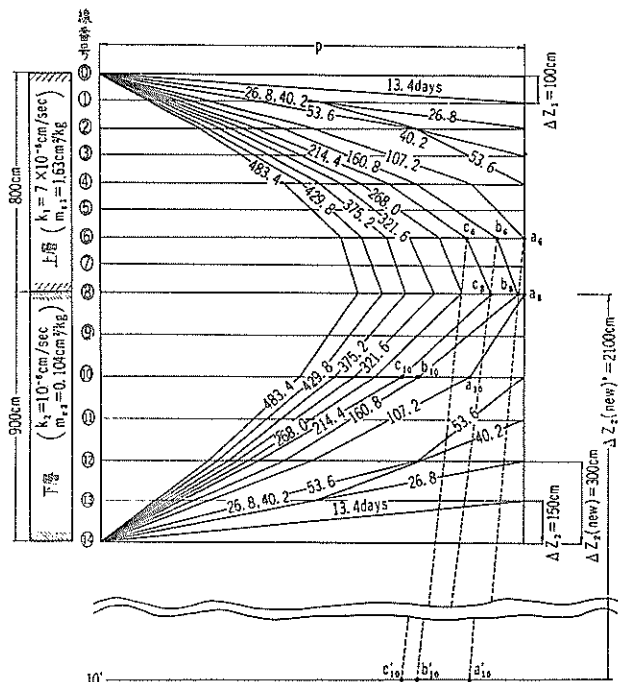


図-8 境界における過剰間ゲキ水圧の関係

1操作に対する時間の進み Δt は $13.4 \times 2^2 = 53.6$ daysとなる。

境界面、すなわち図-9の線⑧の上の過剰間ゲキ水圧の求め方について少し詳しく説明する。 Δz を最初の2倍にしてからは($\Delta t = 53.6$ days), 図中の奇数番号の区

以上の計算から、上層に対し $\Delta z_1 = 100$ cm, 下層に対し $\Delta z_2 = 150$ cmとして図解法を適用すれば、1操作に対する時間の進み Δt は13.4 daysとなることがわかった。図-9に図解法により求められた過剰間ゲキ水圧を示す。 $4 \Delta t = 53.6$ daysから先は、それまでの2区分を一つとして Δz を2倍にした。したがって、



分線は不要となっている。したがって、53.6 days 以後に対する $d z_2$, $d z_2(\text{new})$ は 300 cm である。先に説明した方法で 107.2 days に対する過剰間ゲキ水圧が折線 $\dots a_6, a_8, a_{10}, \dots$ のように求まる。つぎに境界面(線⑧)の上で 160.8 days に対する過剰間ゲキ水圧を求める。このままで a_6 と a_{10} とを結んで線⑨との交点をとることはできないので、⑧~⑨の部分を β 倍に拡大する。

$$d z_2^*(\text{new}) = \beta \cdot d z_2(\text{new}) = 7 \times 300 = 2100 \text{ cm}$$

したがって、 β 倍に拡大した後の線⑨は線⑧から 2,100 cm に相当する距離だけ離れた位置に線⑨'として引かれる。横軸はそのままであるから、 a_{10} を鉛直におろして a_{10}' となる。この a_{10}' と a_6 を結ぶ線と線⑧の交点 b_6 が 160.8 days に対する境界面の過剰間ゲキ水圧となる。その他の部分については、前と同じように行なえばよい。たとえば、線⑨'の上の 147.4 days に対する過剰間ゲキ水圧は、 a_8 と a_{12} を結ぶ線と線⑧の交点 b_{10} として与えられる。214.4 days に対する境界面上の過剰間ゲキ水圧は、 b_{10} を線⑨'上に移した点 b_{10}' と b_6 を結ぶ線と線⑧の交点 c_6 として与えられる。図-9 には 483.4 days に対する過剰間ゲキ水圧までを示した。

4. 圧密沈下の求め方

図-10 に示すように、荷重強さ p で圧密されつつある粘土層を考える。載荷後ある時間が過ぎると、増加した荷重の一部は有効応力の増分 σ_p' で支えられ、残りは過剰間ゲキ水圧 u_p で支えられる。この σ_p' と u_p は前々節および前節で説明した方法で図式的に求められる。ここでは、有効応力が σ_p' 増加したことにより生ずる粘土層の厚さの減少量、すなわち圧密沈下量の求め方を説明する。

任意の位置に微小厚さ dx の層を考えると、この層が有効応力の増分 σ_p' により圧縮される量 ds は

$$ds = dx \cdot m_v \cdot \sigma_p' \dots \dots \dots (24)$$

となる。したがって、粘土層全体の圧縮量、すなわち、

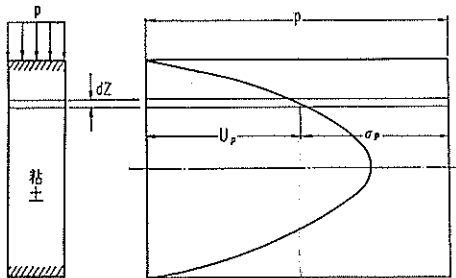


図-10 過剰間ゲキ水圧等時線

圧密沈下量 S は上式を粘土層の深さ方向に積分して得られる。

$$S = \int_0^{2H} m_v \sigma_p' dz = m_v \int_0^{2H} \sigma_p' dz \dots \dots \dots (25)$$

(25) 式の積分は図-10 において、過剰間ゲキ水圧の等時線の右側、つまり有効応力の増分に相当する部分の面積である(ただし、縦軸は深さ、横軸は圧力の単位で読取る)。したがって、圧密沈下量は等時線の右側(有効応力の増分に相当する側)の面積に m_v を乗じたものであることがわかる。異なった粘土層が重なっている場合は、それぞれの層について面積を求め、その層の m_v を乗じたものを合計すればよい。

<計算例>

厚さ(2H) 144 cm, 透水係数 10^{-8} cm/sec, 体積圧縮係数 $0.2 \text{ cm}^2/\text{kg}$ の粘土層が 10 t/m^2 の荷重で圧密されるとき、載荷後 60 days における沈下量を求める。

過剰間ゲキ水圧はこの計算例で求められているので、その結果を利用すると、等時線の右側の面積は 35.4 kg/cm である。したがって、沈下量 S は

$$S = 0.2 \times 35.4 = 7.1 \text{ cm}$$

と求まる。このときの平均圧密度 U は 24.6% である。また、このときの時間係数 T は次のとおりである。

$$T = \frac{c_v t}{H^2} = \frac{kt}{m_v r_w H^2} = \frac{10^{-8} \times 5184 \times 10^3}{0.2 \times 10^{-3} \times 72^2} = 0.05$$

解析解から求められた $T=0.05$ に対する平均圧密度 U は 25.2% である。これによっても、ここに述べた方法が実用上十分な精度を有することがわかる。

5. あとがき

ここで説明した図解法については、オランダ語で発表されており³⁾、オランダ語以外でこの方法について述べたものは(A. Langejan)が“Géotechnique”に寄せた手紙(英文)⁴⁾があるのみである。この方法では紙と鉛筆と定規があれば、異なった粘土層が重なっている場合でも、容易に過剰間ゲキ水圧の等時線が求められる。手順は単純で、誤りをおかす心配もなく、所要時間も、ごくわずかである。しかも、過剰間ゲキ水圧が時間とともに変化していく様子がわかる。このような利点を考えると、電子計算機が発達して複雑な計算が可能になった現在でも、この方法の利用範囲は広いと思われる。

参 考 文 献

- 1) Schmidt, E.: "Über die Anwendung der Differenzrechnung auf technische Anheiz- und Abkühlungsprobleme", Beiträge zur technischen Mechanik und technischen Physik, Berlin, pp. 179-189, 1924.
- 2) Schmidt, E.: "Technische Thermodynamik", Berlin, pp. 353-360, 1960.
- 3) Langejan, A.: "Oplossing van consolidatieproblemen met behulp van de grafische methode van Schmidt", L.G.M.-Mededelingen, 7: 2: 33-47, 1962.
- 4) Langejan, A.: Correspondence, Géotechnique, December 1963 (Vol. VII, No. 4), pp. 352-356, 1963.

港 湾 技 研 資 料 No. 48

1968年6月

編集兼発行人 運輸省港湾技術研究所

発行所 運輸省港湾技術研究所
横須賀市長瀬3丁目1番1号

印刷所 ヨシダ印刷株式会社亀戸工場