

名古屋港第9號地に於ける円形油槽の沈下の實測に就て

(On the Investigation of Settlement of the Circular Oil Tank
at No. 9 Reclaimed Land of Nagoya Port)

會員 石 田 武 雄*

要 旨

名古屋港第9號地に建設された油槽は鉄道省營自動車用ガソリンを貯蔵する目的で建てられたもので、之がガソリンを以て充たされた場合に沈下現象が発生することを豫想して、豫め土質調査の方法に依り此の沈下量を推定し、實際の沈下を觀測した結果と比較して將來種々の建造物に於ける沈下量豫測に資せんとするもので、こゝに其の土質調査に依る推定沈下量の計算結果を報告せんとするものである。

1. 建造物の沈下 一般に沈積泥土層又は埋立地の如き軟弱地盤の上に建造物が設けられた場合、其の基礎地盤に發生すべき沈下の原因は、土質力学的見地より **剪断破壊に依る沈下**と**圧縮作用による沈下**との2種に分けることが出来る。

剪断破壊に依る沈下とは、建造物の重量圧力が基礎地盤の抗剪断強度を超過した爲基礎下の土が剪断破壊されてそこに滑り面を發生し、其の滑り面に沿うて建造物下の土が滑動した結果、建造物は沈下して周圍に於ては持ち上りを起すのである。又圧縮作用に依る沈下とは、建造物下の土が載荷圧力の爲に専ら圧縮されて發生する沈下であり、土が側方へ押出される事なしに圧縮される場合は土質の間隙を充たしてある含水量が漸次析出されて間隙量を減じ、其の組織が圧密固結されるものであつて、其の過程には直圧力の爲に中の水の逃げ出す速度が關係する譯である。従つて斯の如き建造物の沈下現象を豫測するには、先づ基礎地盤中より自然状態のまま採取せる土質に就て前者に對しては抗剪断強度（凝集力、摩擦角）を、後者の爲には圧密透湿度を測定し之等の實測値を用ひて土質力学的計算法に依りこの兩者の原因に依る沈下を推定するのである。

2. 圧密透湿度試験 先づ自然状態のままの土を内径10cmの円筒形容器中に入れ厚を2cmとし、吸取紙を介して上下に多孔板を置いて上からピストンをあて、上下圧を加へる。此の際析除された土質中の水は多孔板を通してピストンの中或は容器外に排除される

如くしてある。斯くして上下圧の増加に依る沈下量を記録し、此の値から圧縮量が求められ、従つて其の土の間隙比の変化も求める事が出来る（表-1、図-1）。又圧縮量を間隙比の変化に直してプロットすると図-2 (a), (b) の如き圧縮曲線及膨脹曲線を得る。

表-1. 圧密透湿度試験

荷 重 kg	載荷強度 kg/cm ²	沈下量 cm	圧縮量 cm ³	間隙比
0	0	0	0	0.775
100	1.27	0.210	16.48	0.588
200	2.55	0.270	21.19	0.535
300	3.82	0.315	24.72	0.495
400	5.10	0.352	27.62	0.462
500	6.37	0.380	29.65	0.439
600	7.64	0.395	31.00	0.424
800	10.20	0.440	34.53	0.384
1000	12.74	0.470	36.87	0.358
1200	15.28	0.502	39.38	0.329
1250	15.93	0.507	39.75	0.325

* 鉄道技師 工学士 鉄道省仙臺鉄道局工務部勤務 (昭和12年4月11日講演)

因に此の試験に供した資料の分析結果

は次の通りである。

No. 698.	深度	14.15~14.37m
	8 目	0.22%, 14 目 0.24%,
	28 目	0.12%, 48 目 0.52%,
	100 目	1.52%, 200 目 1.20%,
	Silt	16.40%, Clay 79.78%,
	含水率	29.28%

3. 理論式 図-3 の如き軟弱地盤が荷重を受けた時、地中に發生する压力強度 p は次の Fröhlich の式で與へられる。

$$p = \frac{2}{\pi} p_0 (\sin \beta \cos \beta + \beta) \dots (1)$$

従つて上式に依り載荷面の中心線に於ける压力強度を算出すると表-2 及 図-4 の如くなる。又一方 Terzaghi 氏に依れば土質の圧密化に依る厚 h cm の層の沈下量は大概次の式で表される。

$$S = a \cdot p_m \cdot h_0 \dots (2)$$

但し、 S : 沈下量 (cm),

$a = \frac{de}{dp}$: 土質の圧密係数 (cm²/kg),

p_m : 地中の平均压力強度 (kg/cm²),

$h_0 = h/(1+e)$: 厚 h cm の土質が圧縮された地層の厚 (cm), e : 土質の間隙比

此の a , 即ち $\frac{de}{dp}$ は其の土質に就て前記の如き圧縮試験を行つた結果から得られるもので、表-2 から求めた p の平均値 p_m に相當する點の $\frac{de}{dp}$ を 図-2 (b) の曲線から求めると、

$$p_m = 0.271 \text{ kg/cm}^2,$$

$$a = 0.147 \text{ cm}^2/\text{kg} \text{ となる。}$$

又 h を 26.0 m とすると、 $e = 0.775$ であるから、 $h_0 = 14.65$ m となり、

従つて

$$S = a \cdot p_m \cdot h_0 = 0.147 \times 0.271 \times 1465 = 58.3 \text{ cm}$$

となる。

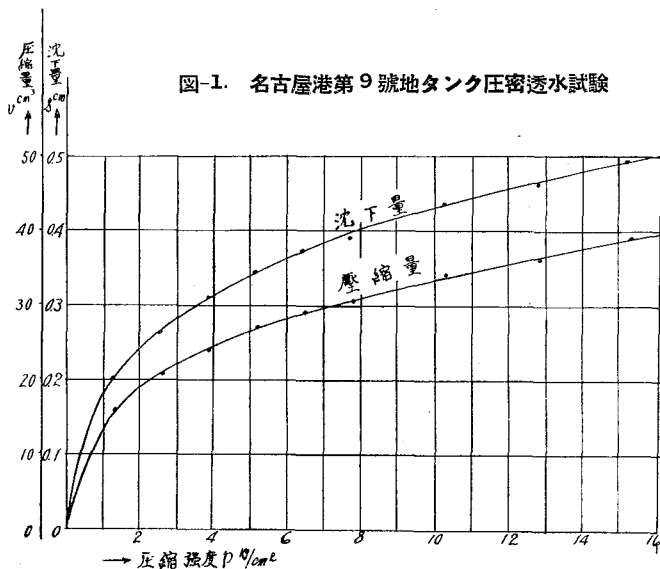


図-1. 名古屋港第9號地タンク圧密透水試験

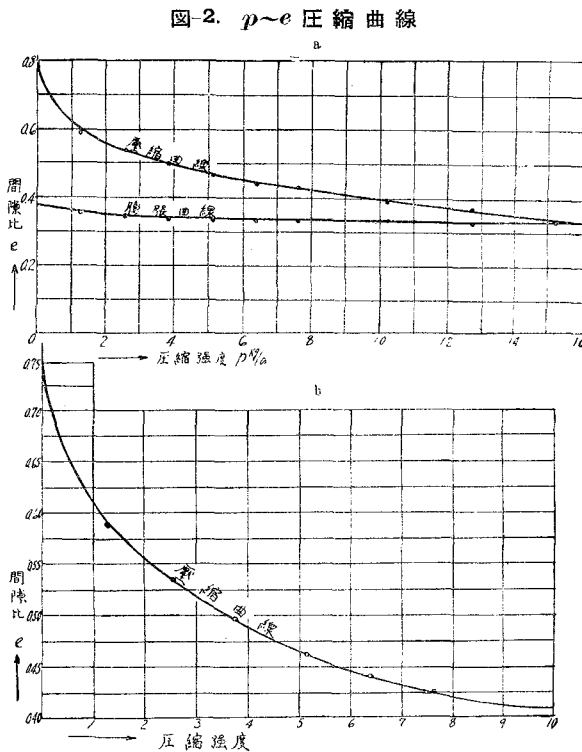


図-2. $p \sim e$ 圧縮曲線

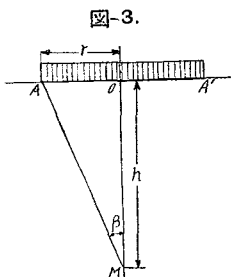


図-3.

併し實際計算するに當つては上記の如くするよりも、次に述べる如く前記(1)式の変數βを深さの変數hに直して(2)式をhに就て積分する方が遙かに合理的であると考へられる。

即ち圖-3を参照して

$$h = r \cot \beta,$$

$$\therefore \sin \beta = r / \sqrt{h^2 + r^2},$$

$$\cos \beta = h / \sqrt{h^2 + r^2},$$

$$\beta = \cot^{-1} h / r,$$

従つて、

$$p = \frac{2}{\pi} p_0 \left\{ \frac{hr}{h^2 + r^2} + \cot^{-1} \frac{h}{r} \right\}$$

∴ (2) 式は

$$S = \int_0^{h_0} \frac{2}{\pi} p_0 \left(\frac{hr}{h^2 + r^2} + \cot^{-1} \frac{h}{r} \right) dh$$

$$\therefore S = \frac{2}{\pi} \cdot a \cdot p_0 \left\{ r \left(\log_e \frac{h_0^2 + r^2}{r^2} \right) + \left(h_0 \cot^{-1} \frac{h_0}{r} \right) \right\} \dots (3)$$

となる。前記と同様に $a = 0.147 \text{ cm}^2/\text{kg}$,

$$p_0 = 0.443 \text{ kg/cm}^2, \quad h_0 = 1465 \text{ cm},$$

$$r = 650 \text{ cm},$$

として計算すると、 $S = 74.0 \text{ cm}$ となる。

4. 結論 一般に軟弱地盤が急激に荷重を受けた場合は剪断破壊による沈下は其の直後に現れ、圧縮作用に依る沈下は其の後時間の経過に伴つて、徐々に現はれるものである。従つて此のタンクの場合には急激な載荷であるから、剪断破壊に依る沈下を呈するものと考えなければならぬが、タンクの自重が小なる爲沈下を起すまでに至らない(表-3)。

そこで専ら圧縮沈下によると考へられるが、之は時間の経過に伴ふものであるから載荷直後の沈下は僅かで、相當年月の間に漸次沈下するならん(表-3)。

尙實驗に供した資料は圖-7から判る様に非常に粘土質の地盤で、此の計算には斯の如き土質が基礎地盤全体をなして居り、且つタンク中心線上の圧力pが受圧面に平均に分布してゐると考へてゐるが、實際は圖-2に示した資

圖-4.

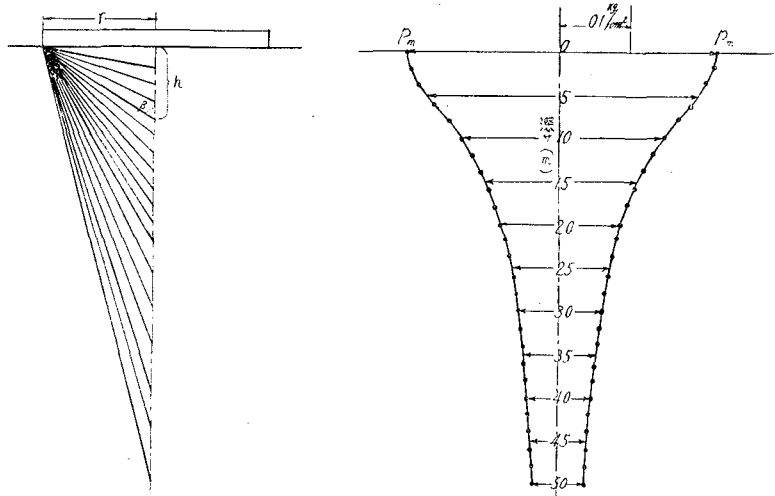


表-2. $p = \frac{2}{\pi} p_0 (\sin \beta \cdot \cos \beta + \beta)$

h m	β	sin β	cos β	sin β · cos β	β radian	sin β · cos β + β	p kg/cm ²
0	90 00	1.0 0	0	0	1.571	1.571	0.443
2	72 54	0.956	0.294	0.281	1.272	1.553	0.439
4	58 24	0.852	0.524	0.446	1.019	1.465	0.414
6	47 17	0.735	0.678	0.498	0.825	1.323	0.374
8	36 07	0.631	0.776	0.490	0.683	1.173	0.331
10	33 01	0.545	0.839	0.457	0.576	1.033	0.292
12	28 26	0.476	0.879	0.418	0.496	0.914	0.258
14	24 55	0.421	0.907	0.382	0.435	0.817	0.231
16	22 07	0.376	0.926	0.348	0.386	0.734	0.207
18	19 52	0.340	0.940	0.320	0.347	0.667	0.188
20	18 00	0.309	0.951	0.294	0.314	0.608	0.172
22	16 28	0.283	0.959	0.271	0.287	0.556	0.158
24	15 10	0.262	0.965	0.253	0.265	0.513	0.146
26	14 03	0.243	0.970	0.236	0.245	0.481	0.136
28	13 04	0.226	0.974	0.220	0.228	0.448	0.128
30	12 14	0.212	0.977	0.207	0.214	0.421	0.119
32	11 29	0.199	0.980	0.195	0.200	0.395	0.112
34	10 50	0.188	0.982	0.185	0.189	0.374	0.106
36	10 14	0.178	0.984	0.175	0.179	0.354	0.100
38	9 42	0.168	0.986	0.166	0.169	0.335	0.095
40	9 14	0.160	0.987	0.158	0.161	0.319	0.090
42	8 48	0.153	0.988	0.151	0.154	0.305	0.086
44	8 24	0.146	0.989	0.144	0.147	0.291	0.082
46	8 03	0.140	0.990	0.139	0.140	0.279	0.079
48	7 34	0.134	0.991	0.133	0.135	0.268	0.076
50	7 24	0.129	0.992	0.128	0.129	0.257	0.073

