

III-141 被圧地下水圧変動の地盤沈下に及ぼす影響

京都大学防災研究所 正員 村山 朔郎

京都大学防災研究所 正員 八木 則男

1 言えがき

地盤沈下は被圧帯水層の水圧の変動によって大きく影響されることは知られている。また揚水などによる帯水層の水圧変動は帯水層の圧縮性と透水性によって決まる。したがって、帯水層の圧縮性と透水性を調べることは地盤沈下の予測や地下水の揚水規制に関連して重要である。これまでに揚水試験によって圧縮係数や透水係数を求める方法が研究されてきたが、ここでは被圧帯水層内を伝播する地下水圧によってこれらの値を求めるための模型実験を行なったので、報告する。

2 実験装置と砂の性質

実験装置は図-1に示すように巾49 cm、高さ100 cm、長さ389 cm、カステルの容器に砂を20 cm、その上に粘土を10 cm入れて、さらにその上にビニール袋に水を入れて上載荷重とした。そして砂層の両端は水槽の水に接するようにしてある。そして右側の水槽の水位を正弦波的に変化させ、砂層への水圧の伝播を測定した。砂層の水圧変動による沈下を

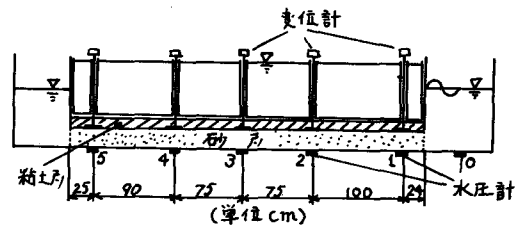


図-1

測定するため、粘土層と砂層の間に沈下板を挿入し、不動点から上部に変位計をつけた。また砂層の底面の鉄板に孔をあけて水圧計をとりつけた。変位計は最大0.3 mmまで測定できるものであり、水圧計は図-1の0, 1, 2, 3地点のものは最大容量0.8 kg/cm²、4, 5地点のものは0.1 kg/cm²である。これらの変位および水圧はスレログラフに自記させた。

一方砂層に使用した砂は粒径2 mm以下で、均等係数2.8、有効粒径 $D_{10} = 0.3$ mmである。また別に求めた透水係数は間抜き比が $e = 0.15$ で0.26 cm/secであり、側方への変位を許さない圧縮試験より求めた圧縮係数 m_v は有効応力が0.1 kg/cm²のレベルで0.006 cm²/kgであった。したがって比較的透水係数の大きく、粒径の大きな砂である。

3 実験結果と考察

図-1に示すような砂層内の水圧変動は砂層が水平で弾性的かつ応力～変形関係が線型であるとすると次式で示される。ただし粘土層は不透水層と仮定する。

$$\frac{\partial s}{\partial t} = C_v \frac{\partial^2 s}{\partial x^2} \quad (1)$$

これは水圧、 $C_v = \frac{k}{\gamma_w m_v}$ 、 k : 透水係数、 γ_w : 水の単位体積重量÷1とする、 m_v : 圧縮係数である。また x は砂層の右端からの水平距離である。図-1の場合の近似として境界条件と

$$x = 0 \text{ で } s = s_0 \cos \omega t, \quad x \rightarrow \infty \text{ で } s = 0 \quad (2)$$

として(1)を解くと次式が得られる。

$$\xi = \xi_0 e^{-x\sqrt{\frac{\omega}{2C_v}}} \cos\left(\omega t - \sqrt{\frac{\omega}{2C_v}} \cdot x\right) \quad (3)$$

したがって任意の位置における水圧振幅 $\xi_{x\max}$ と水槽の水圧振幅 ξ_0 の比は次式となる。

$$\frac{\xi_{x\max}}{\xi_0} = e^{-x\sqrt{\frac{\omega}{2C_v}}} = e^{-x\sqrt{\frac{\pi}{C_v T}}} \quad (4)$$

T は周期である。

また水圧の伝播速度 v は次式となる。

$$v = 2\sqrt{\frac{\pi C_v}{T}} \quad (5)$$

圧力振幅の距離による減衰は(4)式で示される。得られた実験結果を $\log(\xi_{x\max}/\xi_0)$ と x の関係で T をパラメーターにして示すと図-2のようになる。この実験は図-1の右側の水槽の水位を正弦波で振動させ、左側の水槽の水位は振動振幅の中央値とした。この水位の振幅 ξ_0 は各実験とも水位にして45cm程度である。図-2によると周期 T の小さい値に対しては $\log(\xi_{x\max}/\xi_0)$ と x の関係は直線関係を示しているが、 T が大きくなるにしたがって x の大きなところでは直線からはずれてくる。この最も大きな原因としては図-1の境界条件を(2)式で近似したことである。したがって、実際には $x = 389\text{cm}$ で $\xi = \text{const.}$ という境界条件があるので、その境界に近づくにつれて図-2の直線関係からずれてくる。しかしこの小さいものに対しては x の大きなところでは $\xi_{x\max}/\xi_0$ の値は小さく(2)式の条件が近似的に満足されるが、 T の大きなものに対しては満足

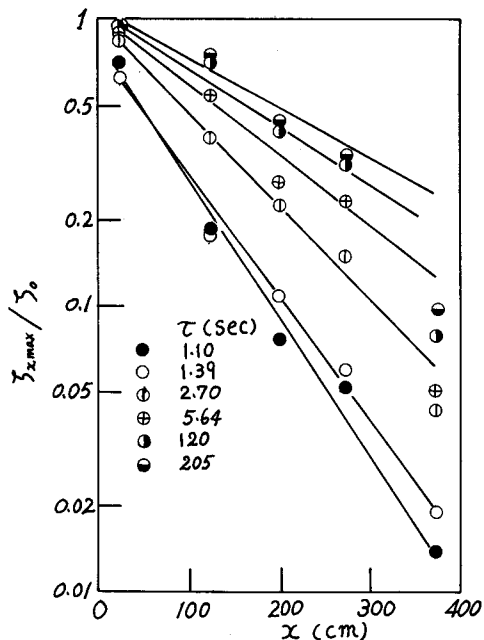


図-2

T (sec)	$C_v (\frac{\text{cm}^2}{\text{sec}} \times 10^9)$
1.10	8.64
1.39	8.59
2.70	8.42
5.64	7.06
120	0.49
205	0.38

表-1

されないことを示している。しかし T が大きなものに対しても図-1の5地点の値以外は近似的に直線関係にあるとしてもよい。この直線の勾配から C_v の値を計算すると表-1のようになり、 C_v の値は T の増大とともに減少する。 C_v は本来は T に無関係に一定の値を示さねばならない。したがって図-2において $\log(\xi_{x\max}/\xi_0)$ と x は直線関係を示すものの、境界の影響がかなり現われていると考えてもよい。しかし、 $T = 2.70\text{sec}$ 以下の C_v の値はほぼ一定とみなしてよく、 T が十分小さければ(2)式の境界条件より得た式で C_v を求めてもよい。

4. おわりに

本文では水圧の減衰についてのみ記したが、伝播速度や水圧変化と砂層の圧縮については講演時に述べる。今後 $x = l$ で $\xi = f(t)$ なる厳密な境界条件による解で解析を進めるとともに境界の条件と変化(例えば、 $x = l$ で水の出入がない)させた実験を行なう予定である。