

波による地盤の変動間隙水圧と構造物の沈下に関する二、三の実験

名城大学理工学部 正会員 岩垣 雄一・原田 守博

名城大学大学院 学生員○西口 松男

名城大学理工学部 学生員 関 康夫・篠田 哲郎

1. はじめに

最近、波浪によって海底地盤上の構造物や消波ブロックが沈下埋没することが報告されており、その理由の一つとして海底地盤の液状化が指摘されている。善ら¹⁾、名合²⁾などは、そうした観点から波による海底地盤の液状化現象の研究を実験的・解析的に行っている。しかしながら、この液状化現象と構造物の沈下との関係を直接検討したものは少ない。そこで本研究では、構造物の沈下が波によって周期的に生ずる水圧変動のどの時点で起きるかを調べ、それらが地盤の液状化とどのような関係にあるのかを検討する。

2. 液状化現象

善ら¹⁾は、水位変化によって海底地盤面上の水圧が変化するときを生じる液状化現象を以下のように説明している。図-1に示すように、地盤面の変動水圧を p_0 、地盤内の変動水圧を p_m とすると、地盤内では、水圧は瞬間的に伝達しえないので、 $p_0 > p_m > 0$ あるいは $p_0 < p_m < 0$ となり地盤内に $-(p_0 - p_m)$ と定義される過剰間隙水圧が生じる。このとき地盤内の任意の深さ z における時刻 t の有効応力 $\sigma_v'(z, t)$ は $\sigma_{v0}'(z)$ を静水時の有効土被り圧とすると

$$\sigma_v'(z, t) = \sigma_{v0}'(z) + \{p_0(t) - p_m(z, t)\} \quad (1)$$

ただし

$$\sigma_{v0}'(z) = (\rho_s - \rho)gz(1 - n)$$

と表される。ここで、 ρ_s ：砂の密度、 ρ ：水の密度、 g ：重力加速度、 n ：間隙率である。いま、図中の下降水面のようになった場合を考えてみると、 $p_0 < p_m$ つまり地盤内に正の過剰間隙水圧が存在し、これが静水時の有効土被り圧以上、すなわち

$$\sigma_{v0}'(z) \leq -\{p_0(t) - p_m(z, t)\} \quad (2)$$

であるとき $\sigma_v'(z, t) \leq 0$ となり、有効応力は形式上負となる。この現象を波による海底地盤の液状化と称している。

3. 実験装置および実験方法

実験は、図-2に示すように、厚さ10mmの鉄を使用した奥行き15cmの直方体水槽を用いた。水槽前面には構造物の沈下を観測するための窓を設け、後部の面には圧力変換器を取付け、水圧を測定できるようにした。水槽内に中央粒径0.141mm、比重2.645g/cm³、間隙率0.426の砂を37cmの高さに詰めた。水面が砂層面上約125cmになるよう水を入れ、それに周期的な変動空気圧を与えた。振幅は0.118kgf/cm²で、周波数は約0.25Hzである。構造物として円柱状の鉛を根入れ深さを20mmで設置し、その上部にダイヤルゲージの先端を接触させ沈下量を測定した。変動空気圧とストップ

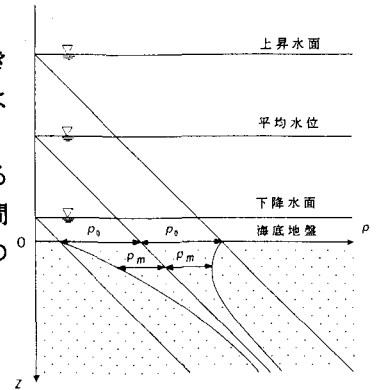


図-1 液状化概念図

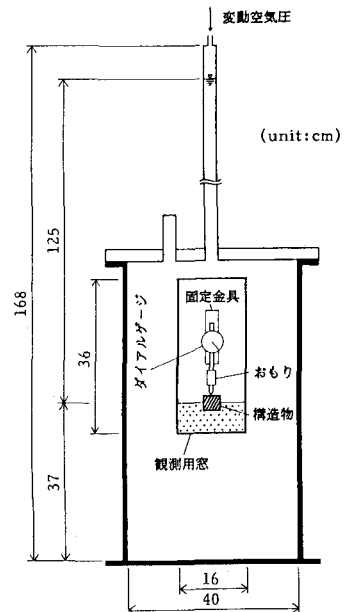


図-2 実験装置

ウォッチを同時に作動させ、一定時間経過後の構造物の沈下と、水底地盤面の水圧および水底下2cmの地盤内の間隙水圧の時間変化を測定した。

4. 実験結果と考察

図-3は、水底地盤面の水圧とダイヤルゲージによる沈下量の測定値の時間変化を示したものである。この図から、水圧が大きくなる位相のとき鉛の円柱は沈下するが、水圧が小さくなる位相のときには逆に円柱は上昇することがわかる。水底面下2cmでの間隙水圧を式(1)に代入して有効応力の時間変化を求め、水底地盤面の水圧と併せて図-4に示した。この図から、おもに地盤面の水圧が下降するときに有効応力が負になる液状化現象が発生していることがわかる。また、図中にダイヤルゲージによる沈下量の実測値を空気圧変動周期で移動平均し、変動を取除いた結果も図-4に示してある。この移動平均の結果から、構造物は一定の割合で沈下していることがわかる。

ところで、構造物の沈下を示すダイヤルゲージの実測値には液状化による構造物の沈下、砂層と水の圧縮性による砂層面の低下、さらに水槽の歪みによる砂層面の低下など様々な要素が含まれていると考えられる。これらの中で、水の圧縮性と水槽の歪みによる砂層面の低下は、残りの二つに比べると非常に小さいと考えられる。したがって、ダイヤルゲージの実測値から砂層の圧縮による砂層面の低下を引けば、液状化による構造物の沈下を求めることができると考えられる。砂層内の間隙水圧は地盤の深さによって変化すると考えられるが、いま、砂層の圧縮率 α を $1.88 \times 10^{-6} (\text{cm}^2/\text{g})$ とし、水底地盤面の水圧変化と同じと仮定して、砂層の圧縮による砂層面沈下量を差し引いて求めたものを液状化による構造物の沈下と考えた曲線も図-4に示した。この液状化曲線と有効応力の変化とを比較すると、有効応力が上昇する時と下降する時に、いずれも液状化曲線が下がる。このうち、後者の位相時の低下は液状化によって起きている可能性が高いが、有効応力が上昇する時の液状化曲線の低下は不明である。

5. おわりに

構造物の沈下の理由の一つとして海底地盤の液状化が挙げられているが、実験の結果からも液状化によらずに沈下する可能性があることがわかった。今後は、さらに構造物の沈下と地盤の液状化の関係について検討する必要がある。

【参考文献】

- 1) 善 功企・山崎浩之・渡辺篤:海底地盤の波浪による液状化および高密度化, 運輸省港湾技術研究所報告, 第26巻, 第4号, pp. 125~180, 1987.
- 2) 名合宏之:変動水圧による砂層の液状化に関する研究, 第26回水理講演会論文集, pp. 589~594, 1982.

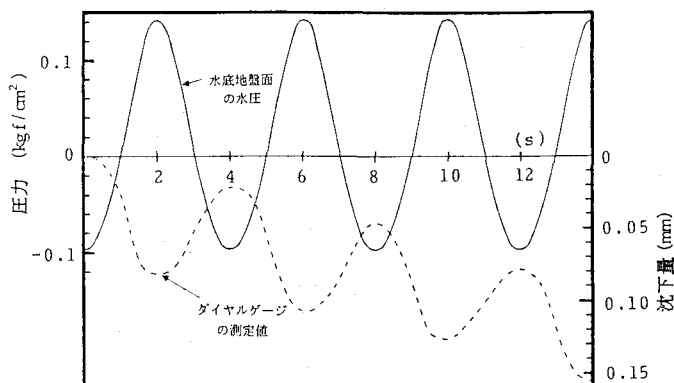


図-3 水底地盤の水圧とダイヤルゲージの測定値の時間変化

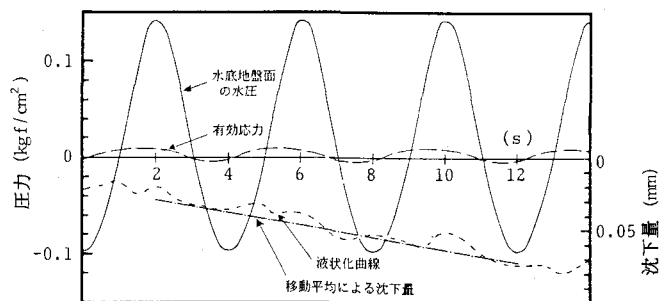


図-4 水底地盤の水圧と有効応力と移動平均による沈下と液状化による沈下の時間変化