

## 砂杭造成時の管内砂の排出に関する研究

やまこう建設株式会社（正）○中澤 嘉克 国土総合建設株式会社（正）上原 弘次  
鳥取大学工学部（正）榎 明潔 鳥取大学大学院（学）竹原 秀一

### 1. はじめに

杭造成時において、起振機の使用により施工性を向上させている。しかし、起振機の振動中の管内砂の挙動や摩擦については解明されていない。そこで、本研究の目的は、動的時における管内砂の排出の理論を検討する。また、動的時の管内砂の挙動と摩擦について追究する。

### 2. 動的時のサイロ理論

過去の研究によって管底面に作用する管内砂の圧力の理論として、サイロ理論が適用できる事が確認されている。このサイロ理論に加速度を導入する。側面摩擦が鉛直上向きに作用している時は、図.1 のような管内砂の表面からある深さでの微小要素について考える。つりあいは次式で表せる。ここで、加速度は鉛直上向きを正とする。

$$\pi r^2 p_x + \rho_s (g + \alpha) \pi r^2 dx = \pi r^2 (p_x + dp_x) + 2 \mu k p_x \pi r dx \quad (2.1)$$

砂の深さ  $x=0$  のでは  $p_x=0$  である境界条件から、解は次式となる。

$$p_x = r \rho_s (g + \alpha) \{1 - \exp(-2 \mu k x / r)\} / (2 \mu k) \quad (2.2)$$

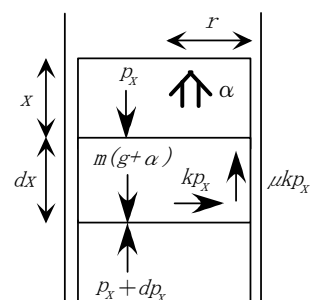


図.1 加速度を考慮したサイロ理論

### 3. 動的な管内砂の挙動

実験装置の概略を図.2 に示す。起振機は2軸の偏心体を同期させて鉛直方向のみの振動を発生させる構造である。空気バネは共振しないように空気圧を調整した。実験試料は豊浦標準砂を使用する。管底面を閉塞した状態で管に試料砂を投入し、砂の高さを1.8mにする。管と管内砂に設置した加速度計で振動中の加速度を測定する。

図.3 は、管の加速度を最大加速度  $30\text{m/sec}^2$  で振動させ、管の加速度と加速度計の設置高さ0.1、1.7mでの管内砂の加速度を示している。ここで、設置高さとは管底面からの高さである。その波形を見ると、管と管内砂の加速度が異なっている部分では分離が起こっている事が考えられる。また、分離後に管内砂の衝突の衝撃と考えられる加速度の急激な跳ね上がりが見られる。次に、設置した加速度計の設置高さを変えた実験結果を比べると、管内砂表面からの深さが深いほど、分離しにくい事が確認された。さらに、最大加速度  $10\text{m/sec}^2$  でも実験を行った結果、分離が起こらない事が分かった。

### 4. 動的な管内砂の排出実験

管底面にロードセルを固定し、砂の高さを1.8mにした。

また、管と管内砂の相対速度と相対変位を推定するために、管と管内砂に加速度計を設置した。管内砂の加速度計は、管底面から0.1m上に設置した。

図.4 は、最大加速度  $30\text{m/sec}^2$  で振動させた時の底面に作用する荷重を測定した結果である。図には荷重を底面積で除し圧力として表示した。相対変位が上方向の時には、管底面から管内砂が離れ、管底面に圧力が作用していないと考えられる。相対変位が下方向の時には、管底面に管内砂が接触しており圧力が作用していると考えら

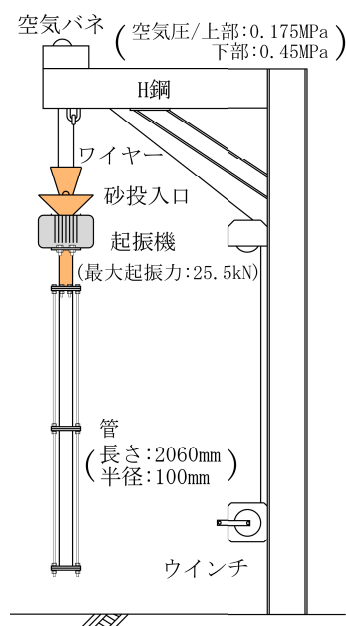


図.2 実験装置の概略図

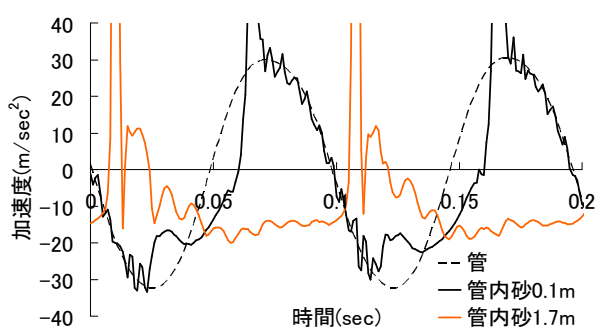


図.3 管と管内砂の加速度波形

キーワード 砂杭、振動、サイロ理論、側面摩擦、砂の排出

連絡先 〒680-8552 鳥取県鳥取市湖山町南4丁目101番地 鳥取大学工学部土木工学科

れる。解析結果は、相対速度が上方向の時は圧力 0 とし、相対速度が下方向の時に作用する圧力は、式(2.2)を用いて解析した値を示した。その時の解析入力値は表.1 に示す。管内砂の加速度  $a$  は、最大加速度  $30\text{m/sec}^2$  を入力した。解析値は実験値よりも小さい値であった。

表.1 解析入力値

|                |                                          |
|----------------|------------------------------------------|
| 管半径 $r$ : 5cm  | 重力加速度 $g$ : $981\text{cm/sec}^2$         |
| $\mu k$ : 0.17 | 気乾状態の湿潤密度 $\rho_t$ : $1.51\text{g/cm}^3$ |

## 5. 振動時の管内砂の過剰間隙空気圧

管内砂の分離による空気圧の発生が、側面摩擦を低減させているという仮説を立て、まず振動中に発生する過剰間隙空気圧を測定した。管底面を閉塞した状態で、砂高さを 1.8m にした。管内砂に空圧計を設置した。また、管に加速度計を設置した。

図.5 には、空圧計の設置高さを 0.1、1.7m にして、最大加速度  $30\text{m/sec}^2$  で振動させた時の過剰間隙空気圧の結果を管の加速度と共に示した。設置高さが高い程大きな空気圧が発生する事が確認された。また、間隙空気圧は図のような波形を周期的に繰り返している。

## 6. 底面圧力に対する空気の浸透力の影響

空気を管内砂の底面から表面に向かって空気を注入すると浸透力が発生する。その結果、砂の重量が軽くなったのと同じ様になり側面摩擦が低減されると考えられる。サイロ理論にこの浸透力を導入すると、図.6 の様なモデルで表されえる。つりあい式を解くと次の様になる。

$$p_x = r(\rho_s g - du/dx) \{1 - \exp(-2\mu kx/r)\} / (2\mu k) \quad (6.1)$$

管底面からは空気が漏れないようにし、砂の高さを 1.8m にした。静止状態で、エアーコンプレッサーを用いて管内砂の底面から空気を注入していき、非常にゆっくりと空気圧を上昇させていった。その時の空気圧に対する底面圧力を測定した。

図.7 には、実験値と式 6.1 を用いて解析した結果を理論値として示した。解析には表.1 で示した値を用いる。また、空気圧力勾配  $du/dx$  は管内砂の表面で空気圧が 0 になるような直線分布をしているとして与えた。その結果、空気注入によって底面に作用する有効応力が増加する事が確認できた。また、実験値は理論と同様の傾向であった。

## 7. 結論

- 1) 底面が閉塞された状態では、鉛直下向きに重力加速度以上の加速度が作用すると、分離が起こる事が確認できた。
- 2) 振動時、管内砂の排出実験において、底面に作用する圧力は理論値よりも大きい事が確認された。
- 3) 振動によって過剰間隙空気圧が発生する事が確認できた。
- 4) 管内砂の底面から表面にむかって空気を流す事によって浸透力を生じさせ、側面摩擦の低減が出来る事が確認できた。

参考文献 榎 明潔 : 軟弱地盤における砂杭の造成機構に関する研究, 京都大学博士学位論文, 1982.

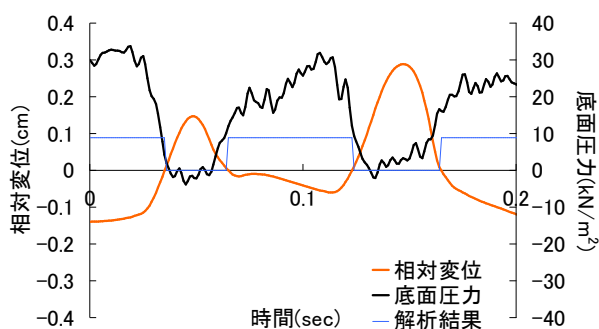


図.4 振動時の底面圧力

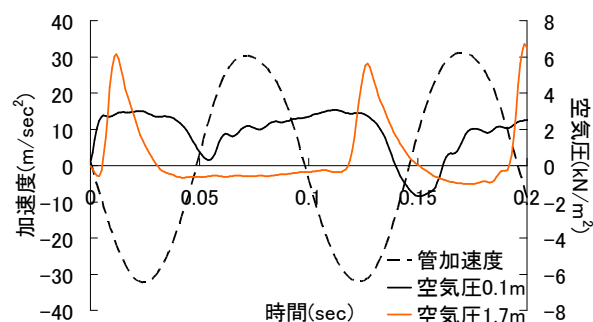


図.5 振動時に発生する過剰間隙空気圧

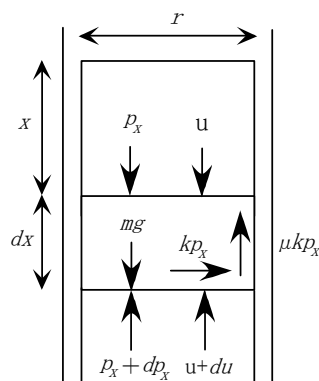


図.6 浸透力を考慮したサイロ理論

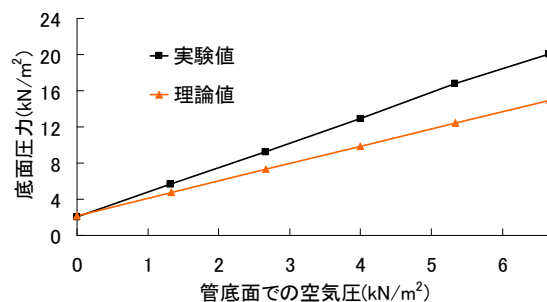


図.7 浸透力を発生させた時の底面圧力