

液状化に伴う盛土沈下時の地盤変形

広島大学工学部 フェロー会員 佐々木 康
 広島大学工学部 学生会員 楠木 勝也
 株式会社大林組 正会員 ○常峰 寛之

1. はじめに

わが国では、地震のたびに液状化被害が発生しており、その被害軽減のため構造物の設計において液状化対策を施す必要がある。それにはまずどのように地盤が変形を起こすのか、そのメカニズムを知ることが重要である。そこで本研究では液状化した地盤上の盛土の沈下に伴う土粒子の挙動を微視的に観察し、液状化した地盤の変形特性を解明することを目的とする。

2. 水平地盤での液状化後の土粒子の移動

上載荷重のない水平地盤での液状化後の地盤内の土粒子の挙動を解明するために、ガラスビーズ (以下 GB) を用いて単純化した条件のもとでの液状化再現実験を行った。

実験は図 1 のような円筒型液状化再現装置 ($\phi=20\text{cm}$) を用い液状化地盤の層厚を 20cm として行った。試料に用いた GB は粒径の異なる公称 0.1mm, 0.2mm, 0.4mm のものを使用した。

ハンマーによって土槽側面を 1 回打撃して、液状化を発生させ、液状化前後の地盤の層厚、地盤内の間隙水圧を計測し、土粒子の動きを CCD カメラによって撮影した。図 2 に画像解析を行った例を示す。図中の線は土粒子の移動の軌跡を示す。この図から同じ撮影位置であっても粒子の移動量が異なり、液状化

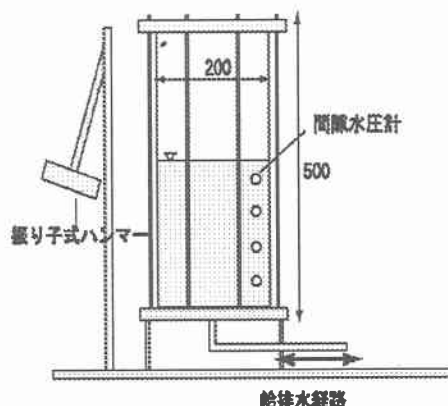


図 1 円筒型実験装置概要 単位 mm

によって土粒子の骨格構造が破壊されることが確認できる。粒子の移動が停止するまでの時間 (t_{mv}) とその深度に応じた高間隙水圧比継続時間との関係を図 3 に示す。GB0.1mm に多少ばらつきが見られるがこの図から両者の時間の長さはほぼ等しいことが判明し、骨格構造の破壊は高間隙水圧比継続時間内に生ずることを明らかにした。

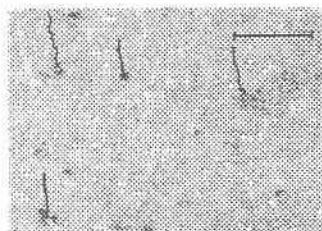


図 2 GB の画像解析例 (GB0.1mm)

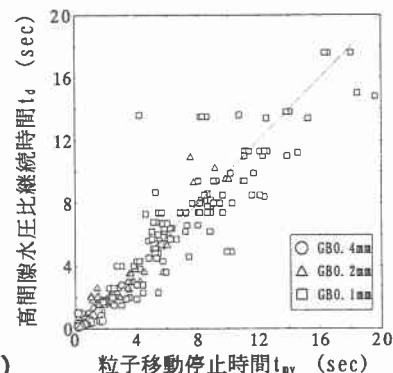


図 3 t_{mv} と t_d の関係

3. 盛土荷重のある場合での液状化地盤内の土粒子の移動

液状化による水平地盤上の盛土の沈下量や盛土の幅との関係、盛土の沈下が地盤変形に及ぼす影響を調べるために、小型土槽を用いた室内実験を行った。

実験は図 4 に示す箱型液状化再現装置 (長さ 596mm×幅 296mm×深さ 400mm×厚さ 10mm) を用い盛土の幅を変えて 2 ケース (盛土幅 $B=176\text{mm}$, 88mm) 行った。地盤材料には豊浦標準砂を用い、液状化層の層厚を 14cm とした。土槽をハンマーで 1 回打撃し、地盤内の間隙水圧、盛土の沈下量を計測した。またその時の地盤内の土粒子の動きを CCD カメラによって土槽壁面から 4 カ所で同時に撮影した (図 5)。黒いマークは打撃による画像のぶれを取り除くため土槽壁面にテープを貼ったものである。その時のカメラ撮影位置を図 4 に示す。

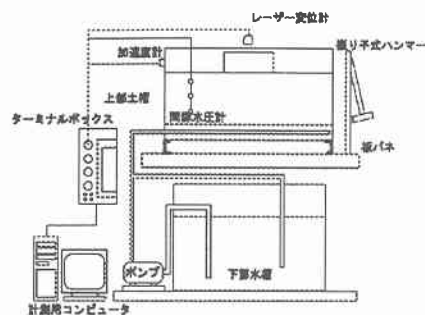


図4 箱型実験装置概要

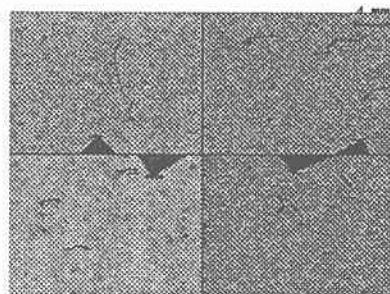


図5 豊浦砂の画像解析例

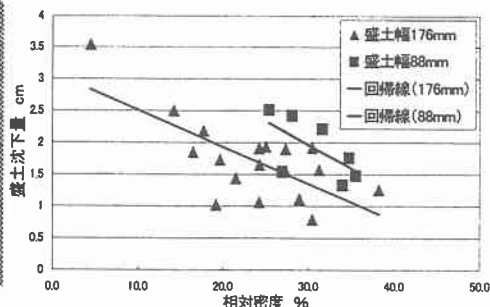


図6 相対密度と沈下量の関係

実験結果から地盤の相対密度と盛土の沈下量の関係を図6に示す。この図から盛土の沈下量は地盤の相対密度が小さいほど、つまり地盤が緩いほうが大きくなる傾向が見られる。また盛土幅が大きいほうが沈下量は小さくなる結果が回帰線を描くことで得られた。この原因を考察するために画像解析結果から、液状化後の地盤内の土粒子の移動軌跡を描いた。昨年までの研究から盛土の沈下量は地盤の初期相対密度によって異なるので、その影響を考慮するために土粒子の移動量をその時の盛土の沈下量で除して、無次元量に変換し粒子の動きを示した(図7)。この図から液状化によって盛土が沈下する時の周辺地盤内の土粒子の移動は地盤全体が動くのではなく、局所的に起こることが明らかになった。また盛土の幅の違いによって沈下に見合う土粒子の移動領域が異なるため、沈下量に差が生じることが考えられる。図7から土粒子の移動量とそのときの盛土の沈下量の比が20%を超える領域を移動の大きい領域をとし、その境界面の長さを求めると、その比は176mm/88mmが約1.4であり幅の違いによる沈下量の比は176mm/88mmが約1/1.4となった。

また、各測定位置での土粒子の移動停止時間と高間隙水圧比継続時間、盛土の沈下時間について、その関係を考察した。その結果地盤上に盛土がある場合、2章に述べた場合に比べて土粒子の移動停止時間は約2~4割に低減していることがわかった。これは盛土の沈下に伴い非液状化層の境界面が移動し、その影響が地盤内に及んでいるためであると考えられる。

4. 結論

液状化した地盤内の土粒子は懸濁した水との混相体となり、沈降して再堆積する。また昨年までの研究結果と同様に上載荷重のない水平地盤の場合、粒子の移動停止時間は深度における高間隙水圧比継続時間に等しいことが改めて確認できた。

盛土の沈下に伴う地盤内の土粒子の動きを CCD カメラで撮影することで、地盤の変形の様子を追跡することが可能であり、土粒子の大きく動く領域を推定することができた。その結果、沈下に見合う流動領域が異なるため、盛土の幅が大きいほうが沈下量は小さくなる。この結果液状化によって地盤が流動し盛土が沈下する時に、亀裂の発生などによる盛土の幅の減少を防ぐことで沈下量を小さくすることが可能である。

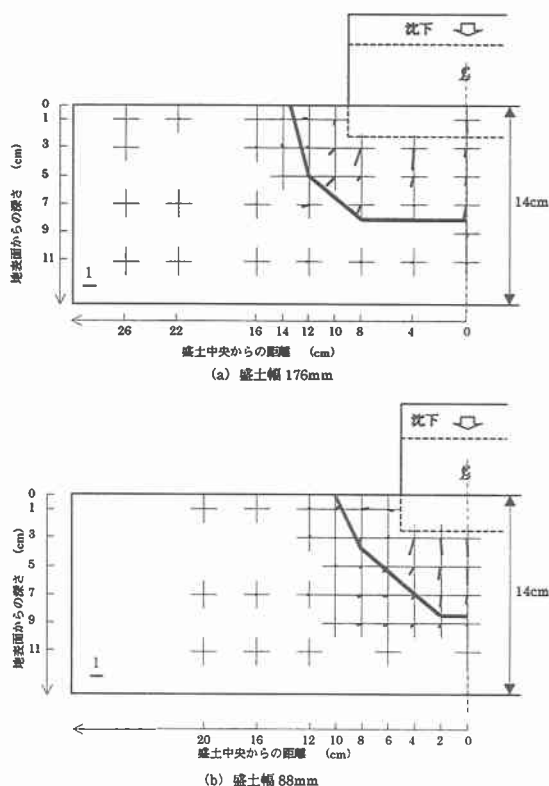


図7 土粒子の移動ベクトル量比