

III-32 碎石ドレーン工法の液状化対策効果に関する実地盤振動実験

日本鋼管(株) 正会員 斎藤 彰
同 大野 義郎
同 長山 秀昭

1. まえがき

ゆるい砂質地盤の液状化対策工として、排水工法のひとつである碎石ドレーン工法が近年注目されている。碎石ドレーン工法の施工例としては、S 52年当社の扇島原料岸壁の液状化対策工事などが挙げられる。しかし、碎石ドレーン工法は比較的新しい工法であるため、大地震を経てその効果が確認された例がなく、また、原位置地盤における実際のドレーン効果に関する試験報告も少ないのが現状である。

そこで、今回碎石ドレーン工法の液状化対策としての有効性を実地盤において調べるために、振動実験を実施したので、ここにその結果を報告する。

2. 実験方法

碎石ドレーンの基本原理は、地震時に地盤中に発生する過剰間隙水圧をドレーンを通して排水させることにより、早期消散することにある。実験では主として碎石ドレーンの排水効果に着目し、強力な加振機を用いて短かい時間で強制的に過剰間隙水圧を上昇させ、以後ドレーンがあることにより、どのような消散過程を経るかを把握することを目的とした。

碎石ドレーンの周辺地盤に及ぼす消散効果の相違を明瞭にするために、実験ケースとして図1に示すように四つの異なる排水条件を設定した。

- ① 無処理地盤（実験No.1）
- ② 空井戸1本（実験No.2）
- ③ 碎石ドレーン1本（実験No.3）
- ④ 碎石ドレーン3本（実験No.4）

なお、本実験ではドレーンからの排水量も同時に測定するため、実験場全体を地下水まで掘削し、ドレーン天端に図2のような流量測定装置を設置した。

実験の対象とした地盤は、G.L.-9mを境として上部が埋立砂層、下部が沖積粘土層で構成されている。埋立砂はほぼ均一な中砂（60%粒径0.6mm前後、均等係数3前後）からなり、N値が6～12の比較的ゆるい砂地盤である。この埋立砂の透水係数は、実験前に実施した現場透水試験によると、 10^{-3} cm/s のオーダーであった。

実験手順を要約するとつぎのとおりである。

- (1) 碎石ドレーンおよび空井戸の設置。碎石は粒径5.0～25mmを使用。空井戸は、L型鋼を加工したものに2mmメッシュの金網を張って製作。
- (2) 加速度計、間隙水圧計、沈下計および流量測定装置の設置
- (3) 4m□位置で振動ロッド4台同時貫入による加振
- (4) 振動ロッドの貫入に伴って加速度、間隙水圧および

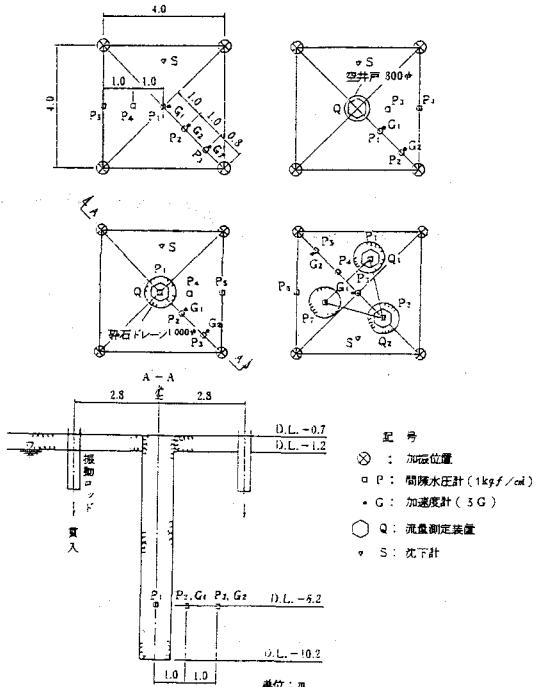


図1 実験配置

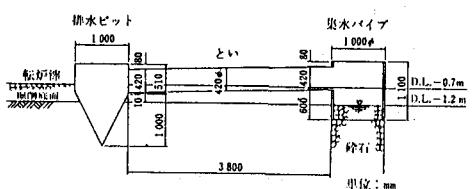


図2 流量測定装置

ドレン排水量の経時変化の測定。さらに、振動終了後の周辺地盤の沈下量の測定。

3. 実験結果

測定結果の一例を図3に示す。過剰間隙水圧については、初期上載圧との比、すなわち間隙水圧比 $\Delta U/\sigma_v'$ で整理している。地盤中に発生する過剰間隙水圧ならびに加速度に着目すると、振動ロッドの貫入が計器設置深度直前に最大値を生じている。

つぎに、ドレン排水量の経時変化をみると、過剰間隙水圧の増加とともに増え、過剰間隙水圧のピーク時以降も漸増している。とくに振動終了後も排水が行われていることから、地盤液状化発生後においてもドレンが有効に機能していることが分かる。

つぎに、排水条件の違いによる消散効果を比較したのが図4である。たとえば、6割の水圧消散を要する時間をドレンがない場合とある場合で比較すると、前者は数分間以上を要するのに対して、後者は30~80 secと比較的短時間に地盤を早期安定化させることができかかる。

4. ドレン効果の解析

過剰間隙水圧の消散過程は、軸対称放射流を仮定すると次式で近似される。

$$\frac{\partial u}{\partial t} = \frac{k}{m_v r_w} \left(\frac{\partial^2 u}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial u}{\partial r} \right)$$

ここに、 k ：砂地盤の透水係数

m_v ：砂地盤の体積圧縮係数

u ：過剰間隙水圧

r_w ：水の単位体積重量

この式を用いて、振動終了後の碎石ドレンの周辺地盤に及ぼす消散効果を検討する。碎石中にも過剰間隙水圧が残留することを考慮して、つぎの境界条件を設定した。

$$r = a : u = u_d (= 0.1 \sigma_v') \quad (a : \text{ドレン半径} = 0.5 m)$$

$$r = b : \partial u / \partial r = 0 \quad (b : \text{支配半径} = 2 m \text{と仮定})$$

$$t = 0, r > a : u = f(r)$$

ただし、 $f(r)$ はピーク時過剰間隙水圧分布

透水係数および体積圧縮係数は、土質試験結果から、

$$k = 0.003 cm/s, m_v = 0.015 cm^3/kgf \text{を用いた。}$$

以上の条件下で計算した結果を図5に示す。図中に示した実測値と計算値を比較すると、多少のばらつきはあるものの、比較的良く対応することが認められる。

5. おわりに

本研究は昭和56年度運輸省応用研究補助テーマ「地震時地盤の液状化対策としての碎石ドレン工法の開発」の一環として実施したものである。また、本研究を実施するに当たって、東京大学、石原研而教授から数々のご指導を頂いた。ここに深く謝意を表する。

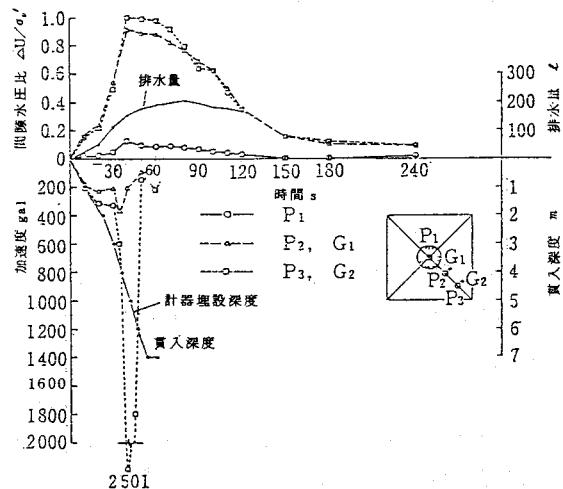


図3 振動実験結果（実験No.3）

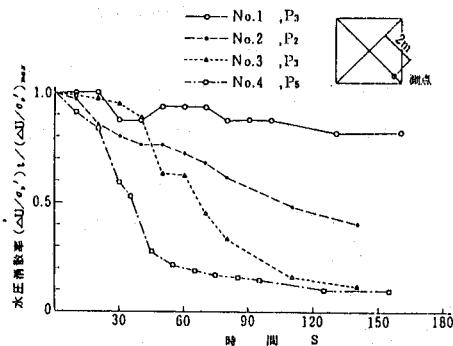


図4 水圧消散率の比較（中心から2 m位置）

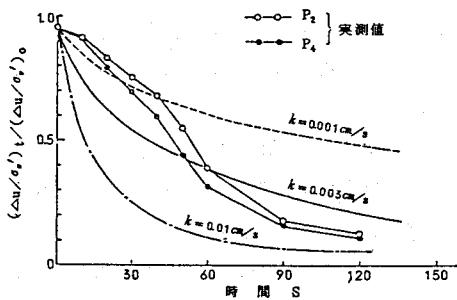


図5 水圧消散率の計算値と実測値の比較（実験No.3）