

I-460

細径有孔パイプによる砂地盤の液状化対策
（その1．工法の概要と室内実験結果）

大成建設機技術研究所 正会員 多賀谷 宏
横浜市総務局 正会員 中村 純平
大成建設機技術研究所 正会員 酒見 卓也

1. はじめに

地盤の液状化に伴う被害対策は「日本海中部地震」の教訓により、さらに急務な問題となってきた。筆者らは小規模構造物や既設構造物、及び市街地に建設される構造物を対象とした液状化対策工法の開発を進めている。ここでは、本工法の原理と設計方法および模型土槽実験による排水効果について報告する。

2. 工法の原理

本工法は、砂地盤中に直径 5～10cm 程度の合成樹脂製の耐圧・有孔パイプ（ドレーンパイプ）を60～150cm 間隔で垂直または斜めに設置して水平方向の排水距離を短縮しておき、大地震時には、地中に発生する過剰間隙水を急速にこのパイプ内に流入させて、液状化の原因となる間隙水圧の上昇を抑制する「排水促進工法」である。（図-1、図-2 参照）

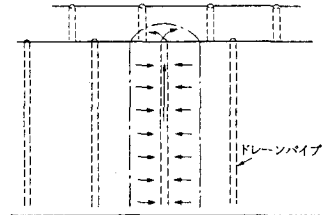


図-1 工法の原理

3. 排水用パイプの性能と材質

パイプに要求される性能として、①土圧により断面が極端に変形することのないような耐圧性、②地下水のみが通過し、周辺の砂がパイプ内に流入しないようなフィルター効果、③施工時や地震時に生じる変形に対して追従できる可撓性、④構造物の耐用年数以上の耐久性、等がある。これらの条件を満たし、かつ入手容易なものでは、パイプ本体材料として開口率15～20%の高密度ポリエチレン有孔パイプを用い、これにポリエチレン織布（糸量：380デニール、メッシュ：44本/inch）を2枚重ねて両端を補強した袋状のフィルターを被せ、両端を硬質キャップで固定したものが良く、しかも軽量なのでこれを排水パイプ材として使用する。

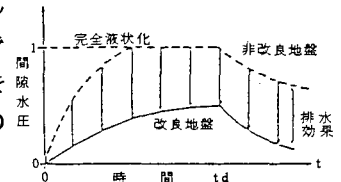


図-2 過剰間隙水圧の消散過程

4. 設計方法

砂地盤中の間隙水圧の上昇・消散の解析には、碎石ドレーンと同様、式(1)を用い、パイプピッチの決定も碎石ドレーンと同一手順・手法で行う。¹⁾

$$\frac{\partial u}{\partial t} = Ch \cdot \left(\frac{\partial^2 u}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \cdot \frac{\partial u}{\partial r} \right) + \frac{\partial u_g}{\partial t} \dots\dots (1)$$

$\partial u / \partial t$; 間隙水圧の変化速度、 r ; ドレーンパイプ中心からの距離

$\partial u_g / \partial t$; 間隙水圧の蓄積速度、

Ch ; 砂の圧密係数 ($=k/mv \cdot \rho_w \cdot g$)

パイプの半径を a 、パイプ1本当りの有効集水半径を b として式(1)を解くと最大間隙水圧の半径方向平均値 $(U_{max}/\sigma'_0)_{ave}$ と b/a との関係は図-3のようになる。ただし、 N_l は無処理地盤が液状化するまでの繰返し回数、 N_{eq} は主要動の繰返し回数を表わしている。また、時間係数 T_d は式(2)のようになる。

$$T_d = Ch \cdot t_d / a^2 \dots\dots\dots (2) \quad t_d ; \text{地震動の有効継続時間}$$

本工法の場合、碎石ドレーン工法に比べ、 a が $1/5 \sim 1/10$ となるので、 T_d は $1/25 \sim 1/100$ となる。碎石ドレーン工法は、直径50cm、ピッチ 150cm 程度が標準であり、これと同一の排水促進効果を得るためのドレーンパイプの直径とピッチのとの関係は、直径 5.5cm でピッチ約70cm、直径10cm でピッチ約 100cm となる。

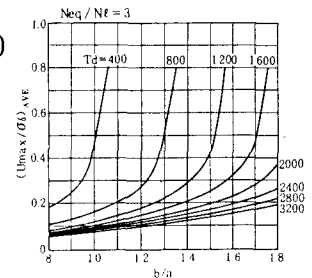


図-3 $(U_{max}/\sigma'_0)_{ave}$ と b/a との関係

5. 模型土槽実験による有孔パイプの排水促進効果

本工法の排水促進効果と地盤の水平変位低減効果を調査する目的で、ドレーンパイプを設置した模型砂地盤に実地震波を入力する振動実験を実施した。

実験概要 図-4に示す円形のせん断土槽内に、乾燥した5号珪砂で水中落下方式により飽和砂地盤を作成した。土槽を振動台上に固定し、正弦波による共振実験により模型地盤の1次、2次の固有振動数を求めた。（図-5参照）その後、日本海中部地震秋田港のNS方向地震波を入力する振動実験を行った。実験ケースは、直径5cmのドレーンパイプを60cm間隔で5本設置した場合と無処理の2種類とした。地盤内には、間隙水圧計と加速度計を埋設し、土槽の側壁には変位計を取り付けて、両ケースの応答加速度、間隙水圧、水平変位を比較した。なお、地盤の相対密度は30%、最大入力加速度は約150galとした。

実験結果 図-6は入力加速度に対するA5における応答加速度の時刻歴を比較したものである。最大応答値に明確な差異は認められないが、15秒以後の波形には大きな差が生じている。即ち、無処理の場合は、ドレーンパイプを設置した場合より長周期成分の卓越が顕著で剛性低下が著しい。このことは地盤中の過剰間隙水圧の上昇過程と関係が深い。図-7は、入力加速度に対するU3における間隙水圧と水平変位の時刻歴を比較したものである。作成した模型地盤は締めり方が極めて緩く、その上、応答加速度の最大値が350gal以上になったため、パイプを設置した場合でも、一時的に無処理の場合の80%程度の間隙水圧が発生しているが、その時間は極めて短く、20秒以後は主要動が継続しているにも拘わらず、早くも下降の現象が認められ、26秒後には完全に消散している。また、最大水平変位量は無処理の場合の40%以下に低下した。

6. まとめ

本工法の原理は砕石ドレーン工法と同様で、地震時に砂地盤中に発生する過剰間隙水圧を地盤構造が乱れる前に、即ち液状化して支持力を失う前に消散させる工法であり、要求される即時効果を考えると今回用いた中空構造のパイプが望ましいという解析結果が得られた。また実験結果からも中空の有孔パイプの排水性が良いことが確認された。論文“その2”では本工法による現場実験について述べるので、実際の施工性等については“その2”を参照されたい。

参考文献

- 1) 吉見吉昭：『砂地盤の液状化』 技報堂出版
- 2) 石原研而：『土質力学の基礎』 鹿島出版会
- 3) 土質工学会編：『土質地盤工学』 土質工学会

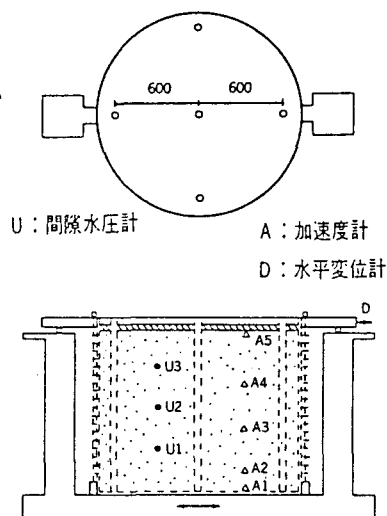


図-4 実験土槽と計器

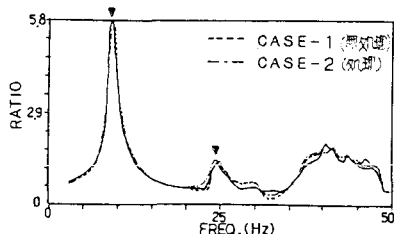


図-5 模型地盤の共振曲線

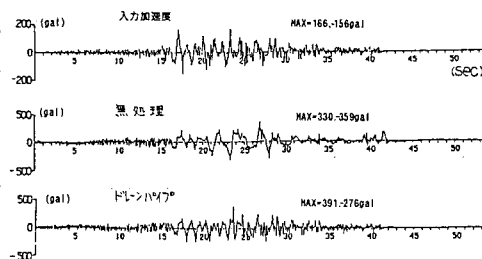


図-6 入力加速度と応答加速度記録

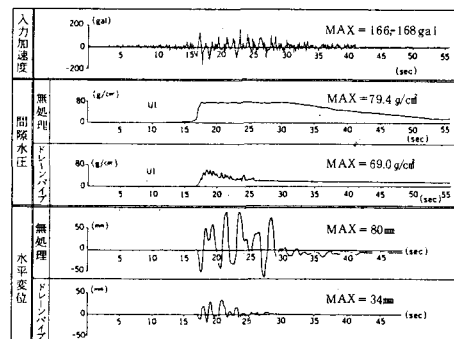


図-7 入力加速度、間隙水圧、水平変位の記録