

# 特殊シリカ系薬液注入改良土の弾性波速度モニタリングによる地盤特性評価の適用性について

清水建設(株) 正会員 ○天利 実 フェロー 風間 広志 社本 康広

## 1. はじめに

現在、昭和52年以前に設置された旧法タンクの基礎地盤液状化防止の対策が急がれており、各種の対策工法が実施され始めている。その対策法の一つとして、特殊シリカ系薬液を用いた薬液注入が注目され、施工数を増加させて来ている。特殊シリカ系薬液を用いた液状化対策において、液状化強度と相関の高い一軸圧縮強度を指標として用いることが多い。しかし、この方法では、サンプリング位置が限定される。礫を含む地層のように資料採取が困難であるなどの問題がある。本報告では、サンプリングによらない原位置調査法の第一歩として改良土の固化過程および材齢と弾性波速度の変化についての実験と結果を示すものである。

## 2. 試験方法

試験は豊浦砂と特殊シリカ系のグラウト剤を用い、1G場と遠心場で実施した。

1G場試験に用いた写真-1のセンサー(以下PSセンサーと記す)は、外径60mm×内径20mm×厚さ0.55mmのドーナツ型圧電素子の中心部に15mm×30mm×1.5mmの短冊形圧電素子のベンダーエレメントを直交方向に接着してある。 $V_p$ 測定にはドーナツ型圧電素子を使用し、面全体でP波を発振・受振し、 $V_s$ 計測には短冊形ベンダーエレメントを使用し発振・受振することができる(図-1)。本センサーは両面方向で波の発振、受振をすることが可能であり、連続で配置すると設置個数が少なくできるメリットがある。

1G場の実験では、内寸幅37.5cm×奥行26cm×高さ24cmの容器を用いた。底部に凹凸面を上に向けたエアマットを敷き、センサーの間隔を約12cmになるように容器中央に配置し(写真-2)、解体時の一軸圧縮試験用に底面に穴をあけた直径50mm、高さ130mmのソフトモールドを容器の端に置いた。薬液注入用の長さ24cmのポリチューブを容器底に着くように両端に設置し、豊浦砂をPSセンサーの中心が土被り12cmで相対密度が65%になるように空中落下法で充填した。砂の充填後シリカ濃度4%、6%の薬液をサンドゲル状態で24時間のゲルタイムに調整し、両端のポリチューブから10mm/minの浸透速度で注入した。室温20℃に保った部屋で養生し、注入日を材齢0として、0、1、2、3、4、7、8、9、10、14、21、28、35日材齢の $V_s$ 、 $V_p$ の測定を行った。材齢35日で解体し容器に設置しておいたモールドの供試体で、 $V_s$ および一軸圧縮強度 $q_u$ を求めた。

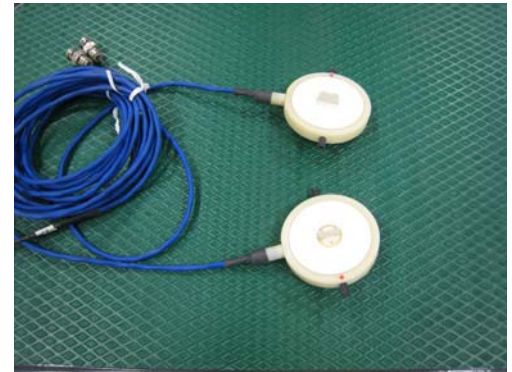


写真-1 使用したセンサー

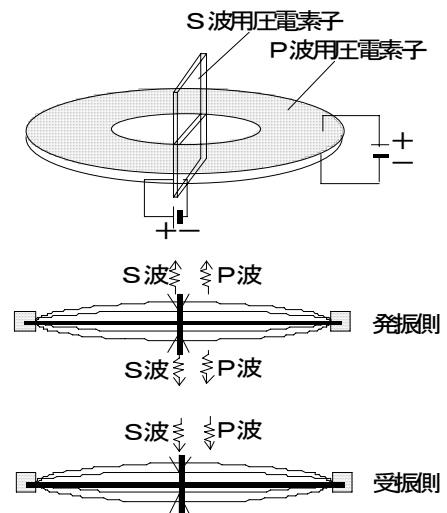


図-1 測定概念



写真-2 センサー設置状況

キーワード 薬液注入, 地盤改良, 弾性波

連絡先 〒135-8530 東京都江東区越中島 3-4-17 清水建設(株)技術研究所 TEL03-3820-8269

遠心場の実験では、内寸直径50cm、高さ50cmの円形土槽を用いた。底部に珪砂1号を1cm敷き薬液注入用の長さ50cmの塩ビ管を容器底に着くように4カ所に設置し、外径38mm×内径10mm×厚さ0.32mmドーナツ型圧電素子の中心部に9.6mm×17mm×1.25mmの短冊形圧電素子のベンダーエレメントを直交方向に接着したPSセンサーを用いた。センサーの間隔を約13cm、土被り15cmになるように土槽中央に配置した。豊浦砂を相対密度が65%になるように空中落下法で充填した。充填後のゲルタイムを120分に調整したシリカ濃度4%の薬液を4カ所の塩ビ管から10mm/minの浸透速度で注入した。注入完了直後に1G場で $V_s$ 、 $V_p$ を測定し、遠心加速度30Gで遠心载荷を実施し $V_s$ 、 $V_p$ を測定した。

### 3. 試験結果および考察

図-2(a)は、1G場でシリカ濃度4%の試験結果を材齢毎の $V_s$ 、 $V_p$ を示したものである。図-2(b)に式(1)より求めたポアソン比 $\nu$ を示す。

$$\nu = \frac{(V_p/V_s)^2 - 2}{2\{(V_p/V_s)^2 - 1\}} \quad \dots\dots (1)$$

同様に、図-3にシリカ濃度6%の試験結果を示す。

シリカ濃度4%、6%とも材齢10日までは、 $V_p$ の増加が大きく、その後は緩やかになる。 $V_s$ と同様の傾向を示すが速度増加が緩やかになる日数が5日と少ない。ポアソン比 $\nu$ はシリカ濃度4%、6%とも材齢10日まではバラツキがあるが増加し、その後0.35で安定する。

図-4に、ソフトモールドで作成した薬液注入改良土のせん断波速度 $V_s$ と一軸圧縮強度 $q_u$ の関係を示す。図中に既往の改良体の結果<sup>1)</sup>も合わせて示す。既往の改良体の $V_s$ と $q_u$ の関係は、 $q_u = 0.0126 \times (\exp(0.0224 V_s) - 1)$ の指数関数で表すことができる。図よりシリカ濃度によらず提案式に良く一致していることがわかる。

遠心载荷した土槽の $V_s$ と $V_p$ は、1G場で54m/sec、123m/sec、遠心場で121 m/sec、250 m/secであった。ポアソン比 $\nu$ は、1G場で0.3396、遠心場で0.2997であった。

図-5に、遠心場を深度に換算した1G場の $V_s$ 、 $V_p$ と深度の関係を示す。図より弾性波速度 $V_s$ と $V_p$ は拘束圧に依存していることがわかる。

### 4. おわりに

特殊シリカ系薬液を用いたサンドゲルの固化過程での弾性波速度 $V_s$ と $V_p$ の計測および採取した試料の一軸圧縮試験を行った結果、以下のことが明らかになった。

1) サンドゲルの固化過程およびその後の養生で弾性波速度 $V_s$ と $V_p$ は増加する。特に固化から1週間の変化が大きい。

2) サンドゲルの弾性波速度 $V_s$ と $V_p$ は改良土の存在する深度に依存しており深度が深くなると増加する。

〈参考文献〉 1)、天利、社本、風間、(2007)：特殊シリカ系薬液注入改良土の一軸圧縮強度とせん断波速度の関係、第42回地盤工学研究発表会

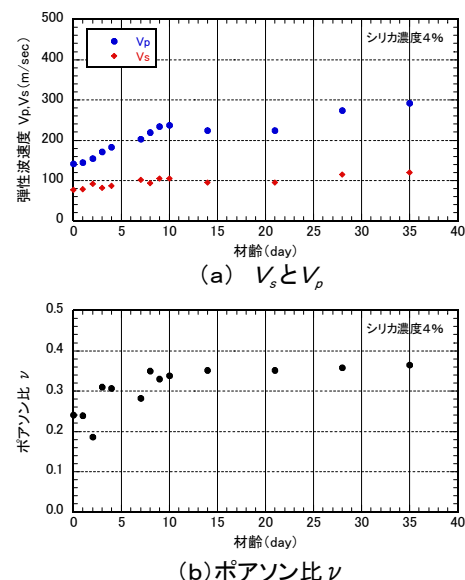


図-2 シリカ濃度4%の時系列変化

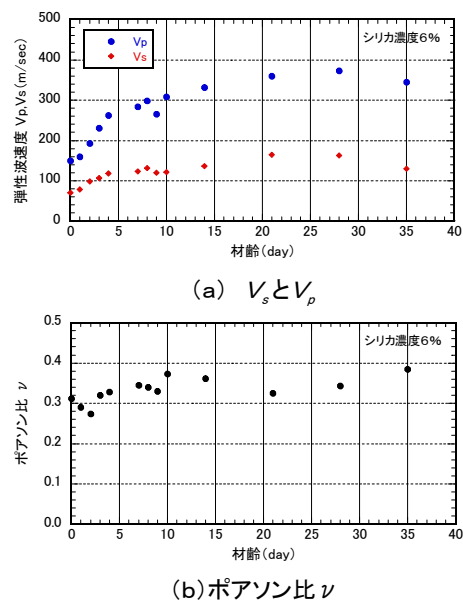


図-3 シリカ濃度6%の時系列変化

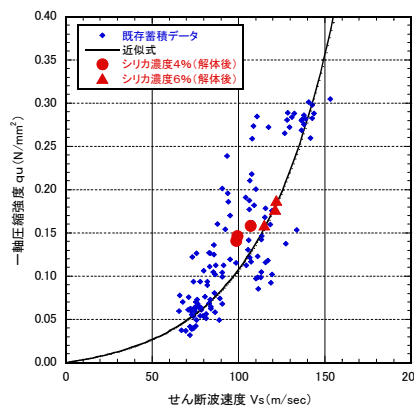


図-4 改良土の $V_s$ と $q_u$ の関係

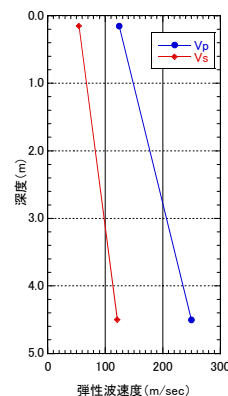


図-5  $V_s$ 、 $V_p$ と深度の関係