

動的貫入試験による弾性波測定法の検討

東洋建設(株) 正会員○和田 眞郷 正会員 宮本 順司
応用地質(株) 正会員 山内 政也 浅野 泰寛

1. 目的

地盤改良工事等において、施工管理や施工後の品質管理について、リアルタイムな確認が可能となる調査方法が求められている。地盤改良工の施工後の確認は、動的コーン貫入試験を用いた局所的な確認調査を実施している。その調査時の打撃振動を利用した S 波速度計測や弾性波トモグラフィ解析による広範囲な確認を簡易に実施することを目的とし、打撃振動を簡便に鉛直アレイにて受振するための孔中受振ユニットの試作および動的コーン貫入試験による S 波測定の適用性を検討した。

2. 孔内受振器の試作と動作確認

孔内受振器は、3 方向計測ができるよう小型地震計(ジオフォン)を 3 台組合せて製作した。また、深度毎に連続的に測定できるようにこの受振器を 1m 毎にサニーホースに固定した孔内受振ユニットを試作した。孔内受振ユニットは、コンプレッサーによりサニーホースを膨張させることで孔壁に固定させる。なお、水圧差によるサニーホース内の圧力の偏りが発生しないように、1 ユニット 5m とした。この孔内受振ユニットの動作確認のため、千葉県君津市内の当社事務所敷地内にて S 波弾性波トモグラフィ測定を行った。同敷地では、2018 年に予め標準貫入試験、S 波速度検層(ダウンホール法)、弾性波トモグラフィ測定を行っている。今回の実験では、図-1 に示す板たたき法にて実施し、測定長 18m、測定深度 20m である。なお、測定は孔中受信ユニットの深度を 5m ずつ変化させながら各地点 4 回ずつ実施した。ボーリング孔から 2m の地点の起振点の記録を用いて速度検層解析を実施した。この S 波の起振記録を図-2 に示す。同図から左右の板たたきで反転した波形が明瞭に得られた。G.L.-5m 以浅では反転がやや不明瞭になっている深度もあるが、交通振動などの影響を受けているためと考えられる。また、当起振点では P 波起振も併せて行い、上下動成分の受振状況についても確認した。図-3 に速度検層解析結果を示す。2018 年に実施した結果と比べ深度 14m 程度まで若干低速度とはなっているが全体的には概ね一致しており今回試作した孔内受振ユニットで S 波測定ができています。

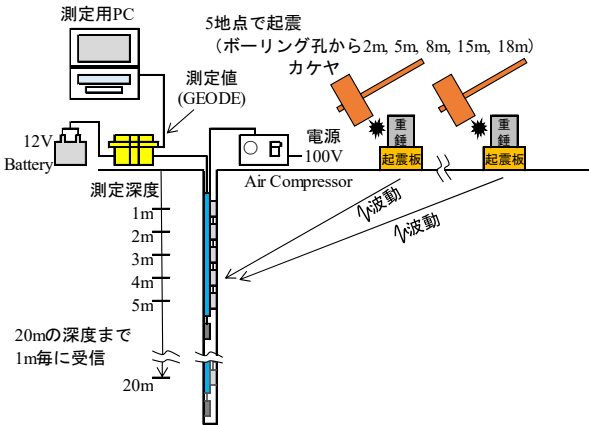


図-1 S 波測定概念図 (板たたき法)

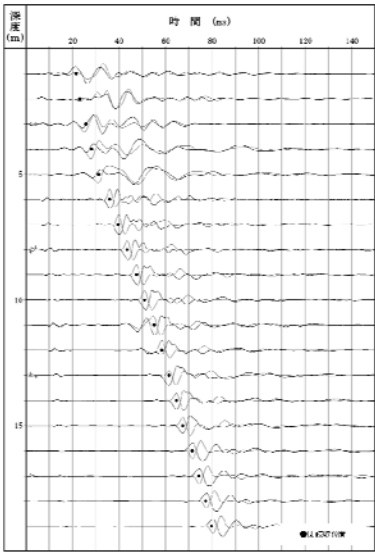


図-2 S 波起振記録 (2m)

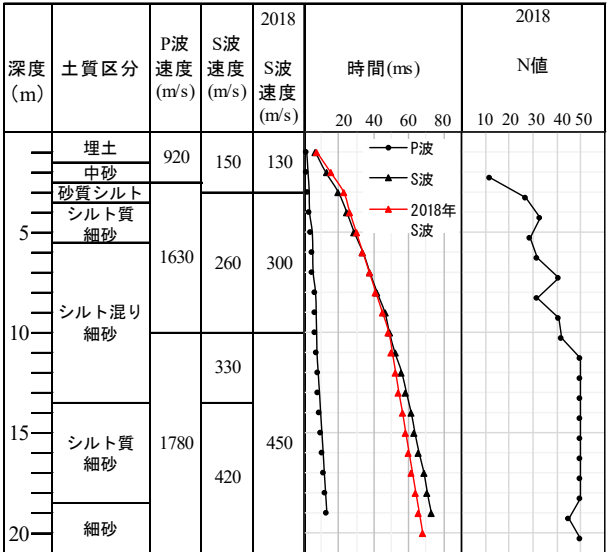


図-3 S 波速度検層結果

キーワード サウンディング, 速度検層, 弾性波トモグラフィ, 動的貫入試験

連絡先 〒101-0051 東京都千代田区神田神保町 1-105 神保町三井ビルディング 東洋建設(株) TEL 03-6361-5464

と判断できる。また、P波速度からP波起振で到達した上下動成分も捉えられていると判断できる。トモグラフィ解析は、水平方向20m、深度方向20m、メッシュ間隔は1mとした。解析初期モデルの速度構造は図-3の2018年のS波速度を用いて水平3層構造とした。図-4に2018年実施分と今回のトモグラフィ解析結果（波線経路図）を示す。

2018年の結果と比べ、ボーリング孔付近で350m/s以下の範囲が15～16m程度まで及んでおり若干速度が遅い結果となったものの、全体的な傾向は類似している。

速度検層結果、弾性波トモグラフィ解析結果ともに2018年に実施した調査結果と整合的な結果が得られたことから、試作した孔内受振ユニットは鉛直アレイ計測に実用できるものと考えられる。

3. 動的貫入試験装置の起振による鉛直アレイ測定結果

動的貫入試験装置を用いたS波測定概要を図-5に示す。動的貫入にてロッドをG.L.3.7mまで貫入した状態でロッドの頭部をカケヤで打撃した波形記録を図-6に示す。起振により発生したS波(SV波)が卓越すると考えられる上下動成分の記録である。打撃後20ms前後に到達する速い波と70～90msの間に遅れて到達する波が確認でき、それぞれP波、S波に相当すると考えられる。同深度でロッドを油圧ハンマーにて振動打撃した波形記録を図-7に示す。振動打撃開始から10～15ms付近でP波と考えられる周波数の高い波が到達し、その15ms程度後にS波とみられる周波数の低い波があり、P波とS波が打撃の都度に発生し、繰返し到達していることが確認できる。カケヤ打撃での走時差から判断すると振動打撃した場合、図中に示したP波、S波が同一打撃で発生したと考えられる。振動打撃の到達走時は、カケヤ打撃と比べ4～5ms速い。振動打撃では、油圧ハンマーにトリガーを設置していることから、ハンマー稼働とロッドに打撃振動が伝わるまで若干の時間差があると考えられ、トリガーの設置位置や測定方法については詳細な検討が必要である。また、振動打撃の場合、地表面付近の記録にノイズや不明瞭な場合があり、機械振動の影響等も考えられる。

4. あとがき

試作した孔内受振ユニットは鉛直アレイ計測に実用できるものと考えられる。また、動的貫入試験時、ロッド先端のカケヤ打撃、振動打撃ともにS波の起振記録が計測できることがわかった。動的貫入試験での測定については、繰返し起振波の到達やトリガーの設定等引き続き検討していく予定である。

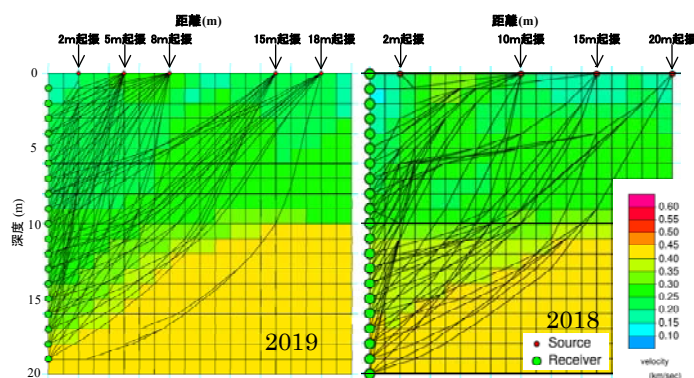


図-4 S波トモグラフィ解析結果

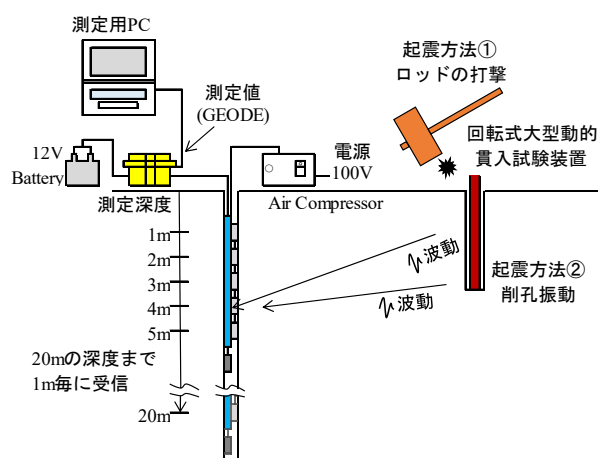


図-5 S波測定概念図（振動打撃）

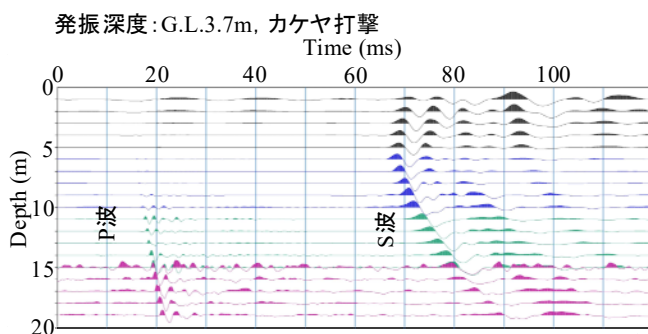


図-6 S波測定記録（カケヤ打撃）

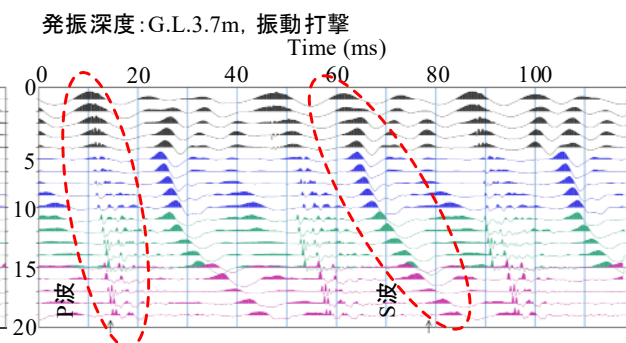


図-7 S波測定記録（振動打撃）