令和４年度　中国地方建設技術開発交流会

弾性波(S波)トモグラフィを用いた地盤改良体品質の可視化

東洋建設株式会社
土木事業本部土木技術部
和田　眞郷

TOYO CONSTRUCTION CO., LTD.

背　景

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が重要で，改良範囲や改良効果を迅速かつ視覚的に確認できる調査方法が求められている.

従来の方法

従来の地盤改良工の施工後の品質は,

〇サウンディング調査：標準貫入試験，動的コーン貫入試験など

〇強度試験による強度確認：現地でのサンプリング試料

課 題

〇調査地点1点のみのデータしか得られない.

面的あるいは立体的な地層構造データを得ようとするには，より多くの地点で試験を繰り返し実施する必要があった.

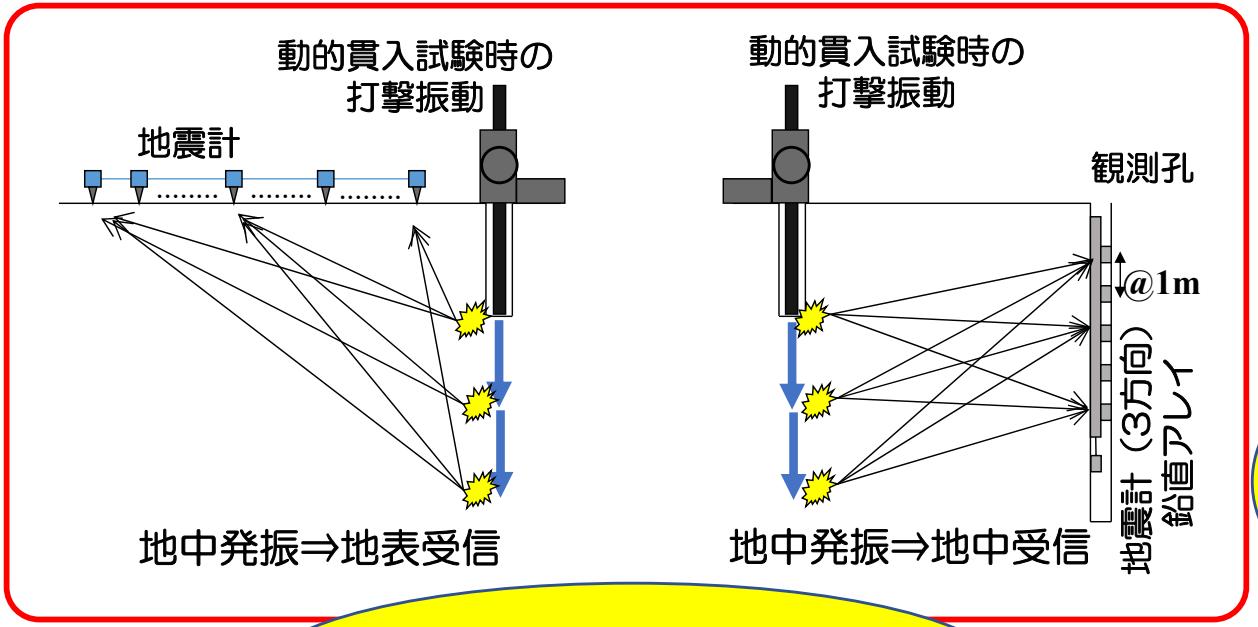
〇セメント系改良等では材齢待ちとなり迅速な確認は出来ない.

目　的

可視化の目的と手法

○断面方向に強度・改良出来形の確認を簡易に行うこと

サウンディング時に発生する打撃振動を利用した弾性波(S波)計測および弾性波トモグラフィ解析による簡易な地盤構造の推定方法を検討した.



地震計の
鉛直アレイ
システム
(孔内受振器)

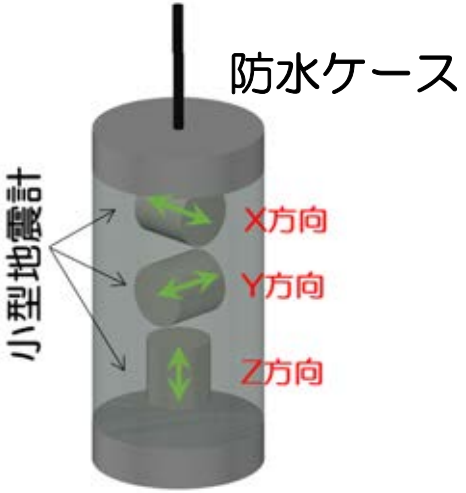
油圧ハンマーの打撃振動で
S波の発振ができるか？

動的貫入試験による弾性波測定法の検討について述べた後，埋立地の表層地盤改良工施工において，本手法を用いた弾性波トモグラフィ解析を実施し，地盤改良の品質管理手法として適用した例を紹介する.

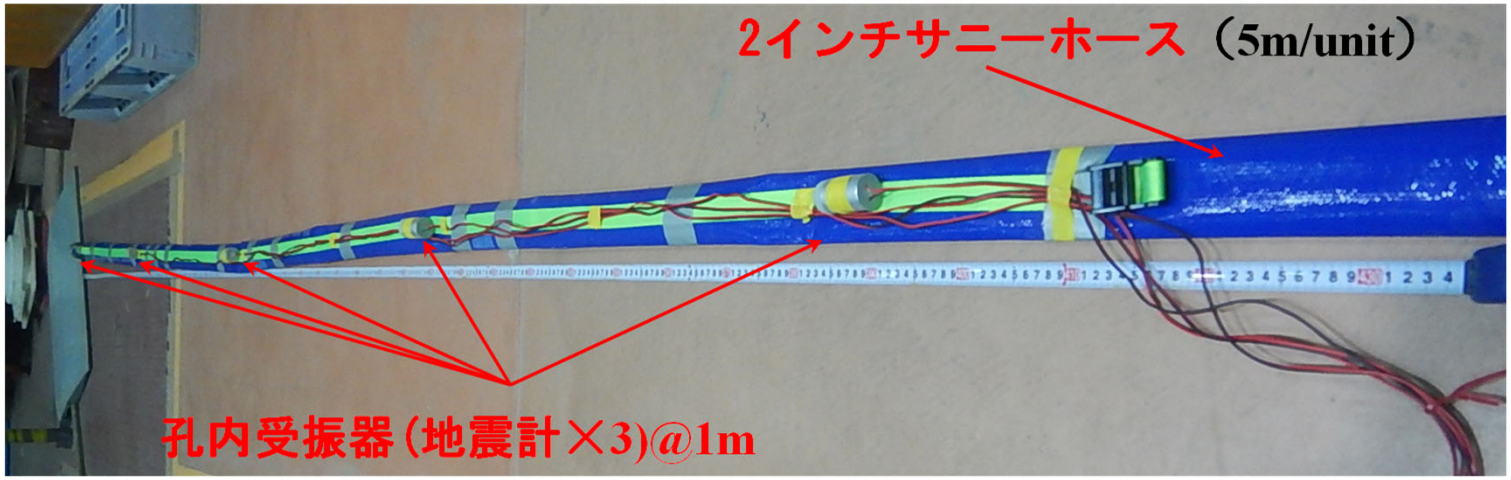
弾性波測定法の検討：孔内受振器の試作と動作確認

孔内受振器と鉛直アレイユニットの試作

３方向孔内受振器

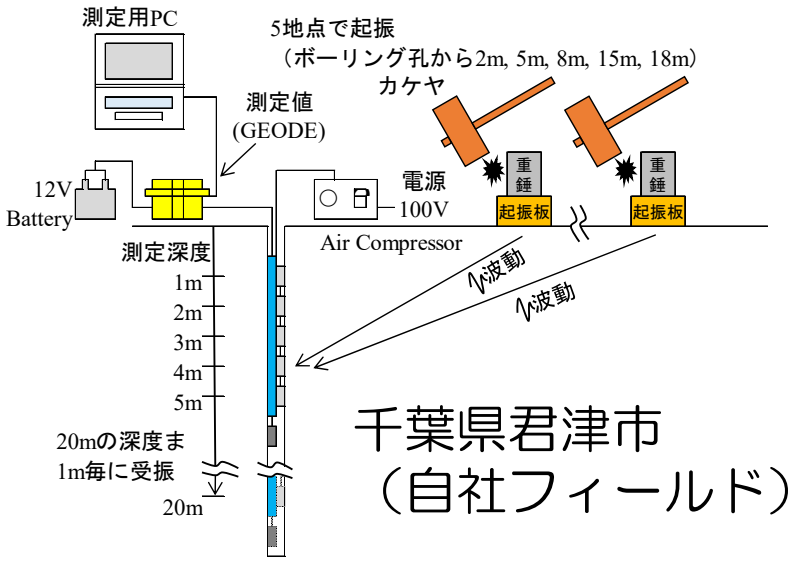


鉛直アレイ受振動ユニット



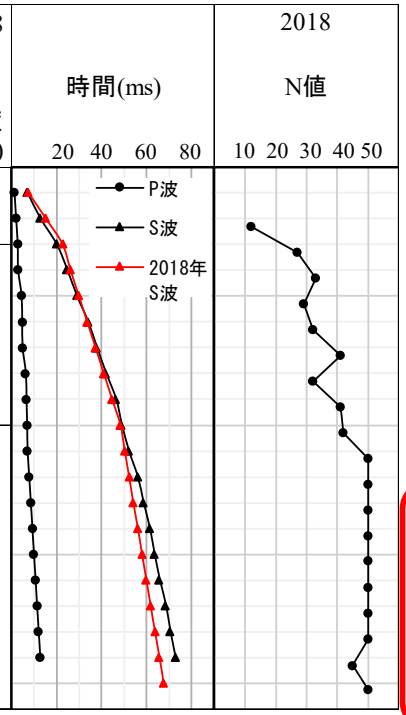
- サニーホースを観測孔内で圧縮空気で膨らませ，孔内受振器を観測孔に密着させる.
- 水深による水圧の違いで，膨張圧が異なり密着度が低下しないように１ユニット当たり5m程度とした.

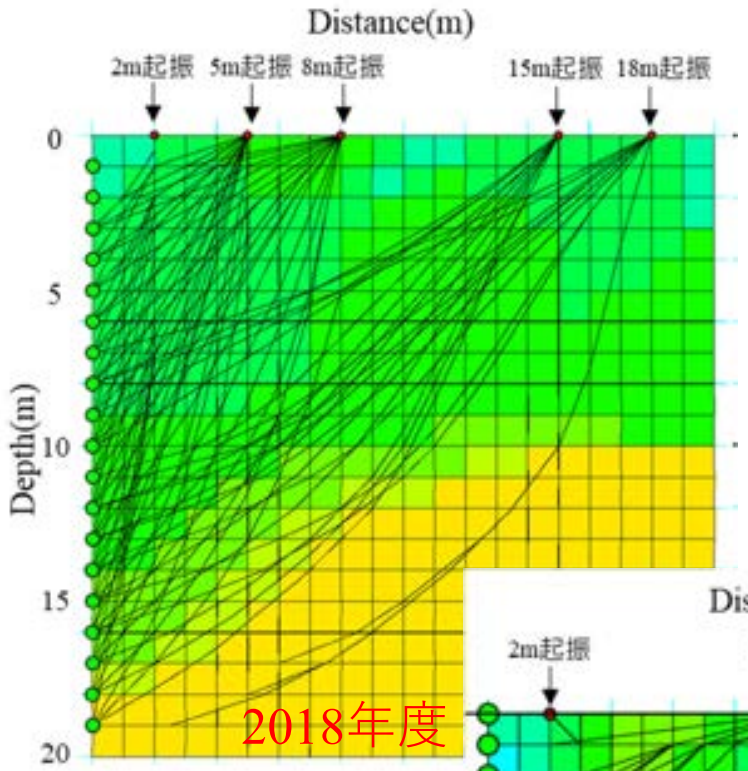
弾性波測定法の検討：孔内受振器の試作と動作確認



千葉県君津市
（自社フィールド）

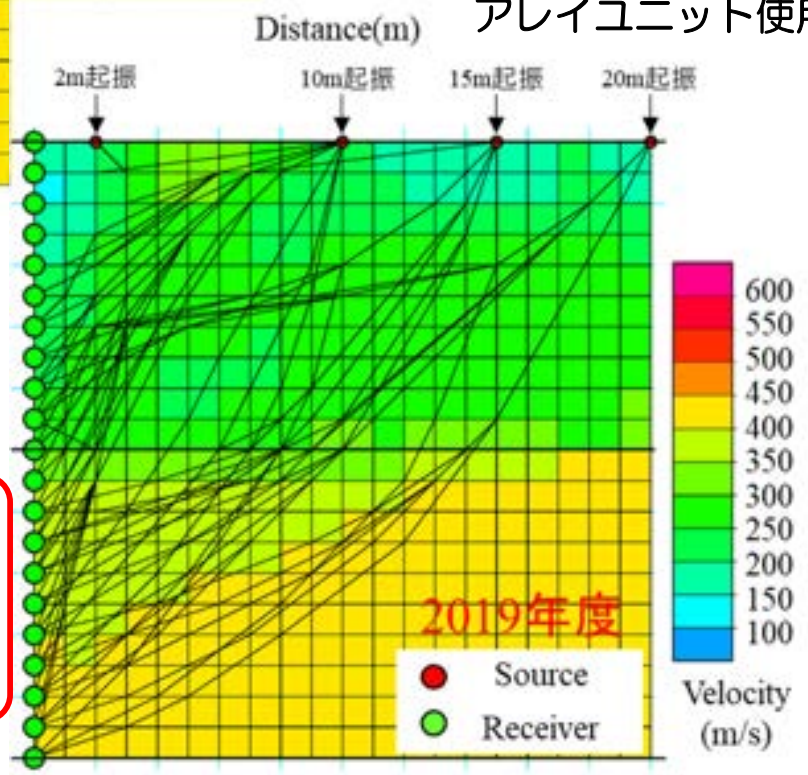
深度	土質区分	P波速度 (m/s)	S波速度 (m/s)	2018 S波速度 (m/s)
0	埋土	920	150	130
	中砂			
	砂質シルト	1630	260	300
5	シルト質細砂			
	シルト混り細砂		330	
10				
15	シルト質細砂	1780	420	450
20	細砂			





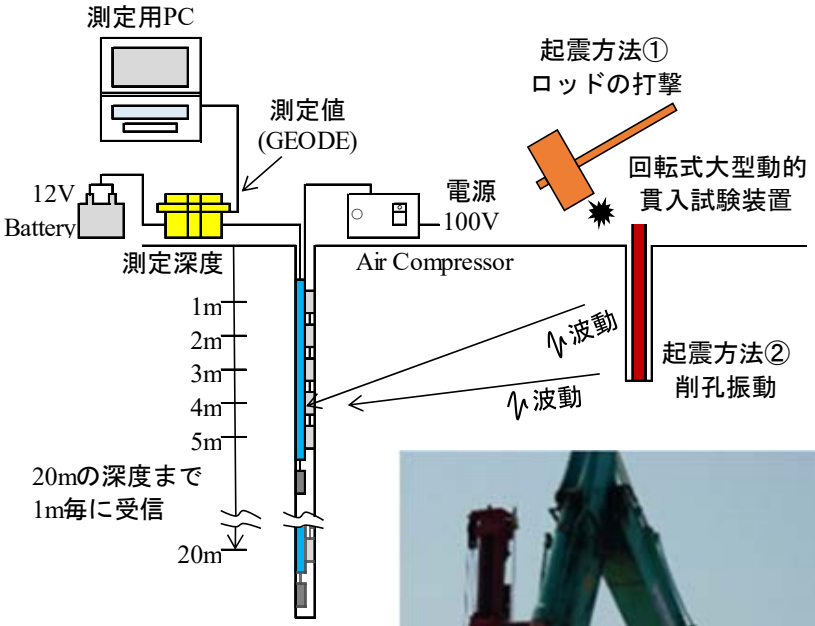
2018年度事前調査実施
2019年度アレイユニット検証

アレイユニット使用

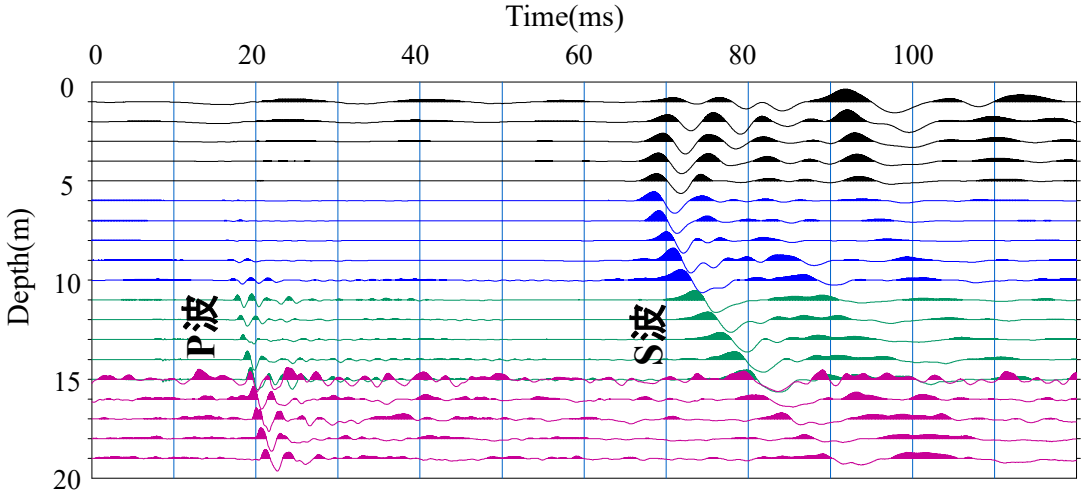


概ね2018年度と2019年度で同様の結果を得て，ユニットの適用性を確認した．

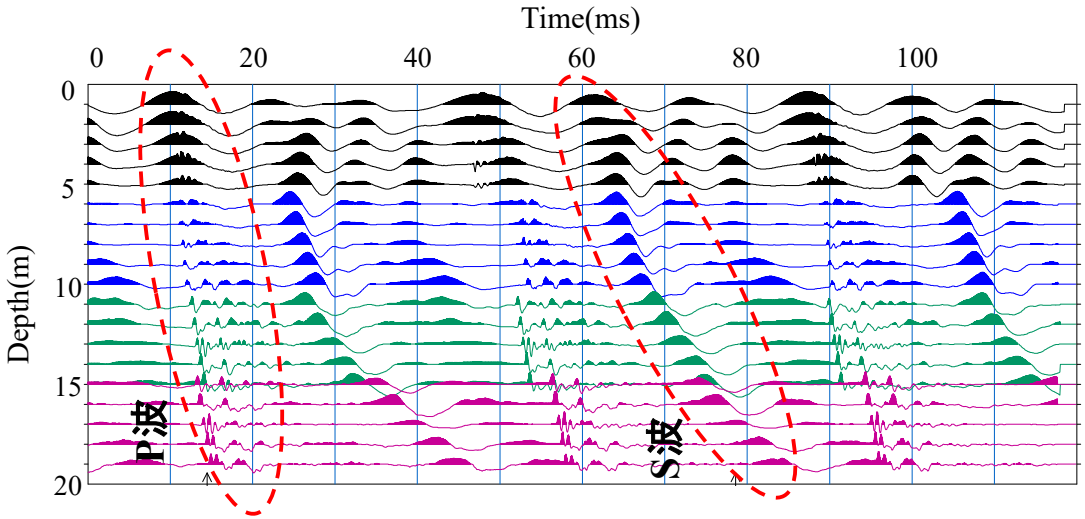
弾性波測定法の検討：動的貫入試験でのS波発振



発振深度：G.L.3.7m，カケヤ打撃



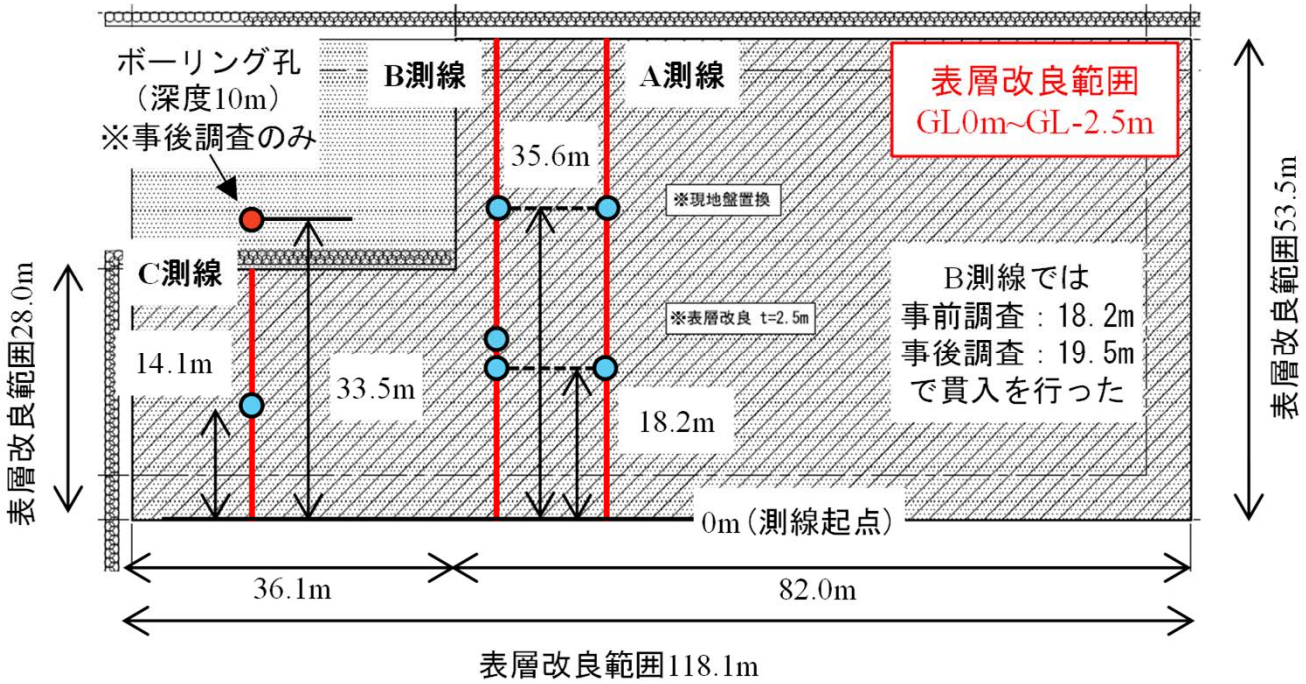
発振深度：G.L.3.7m，振動打撃

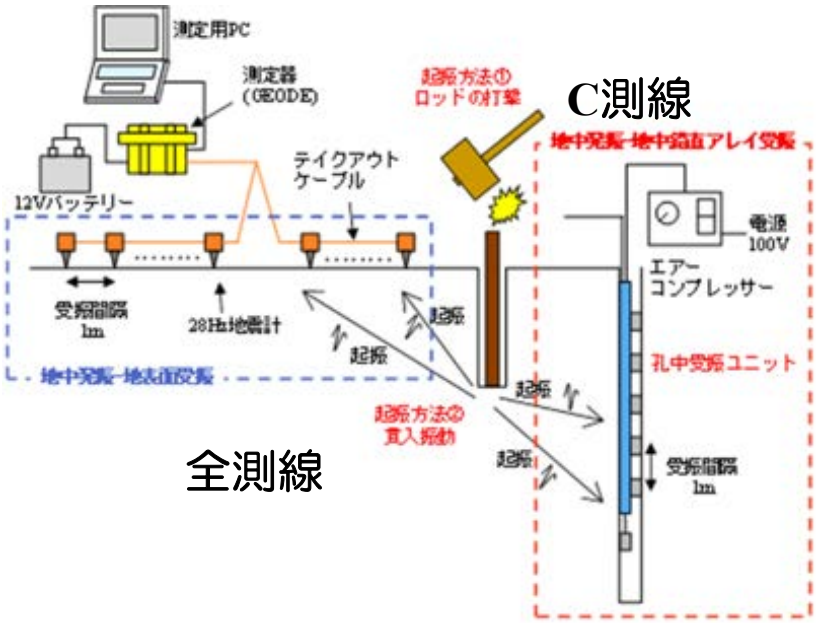


カケヤ打撃と同様
振動打撃でP波，S波の発振を確認した．

表層改良工(コンテナヤード)における適用事例

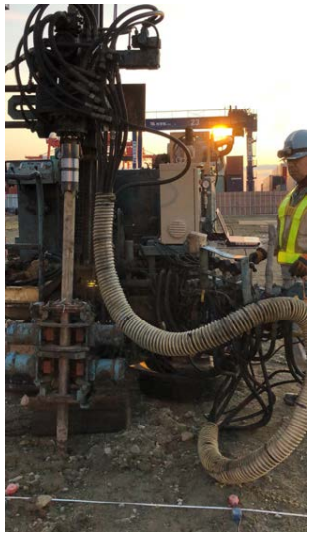
施工平面図





全測線

設置状況



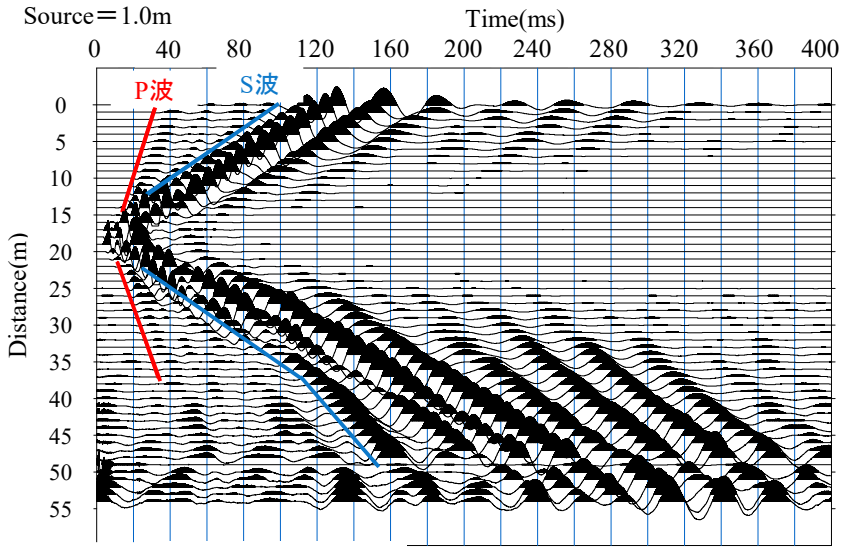
油圧ハンマー

カケヤ

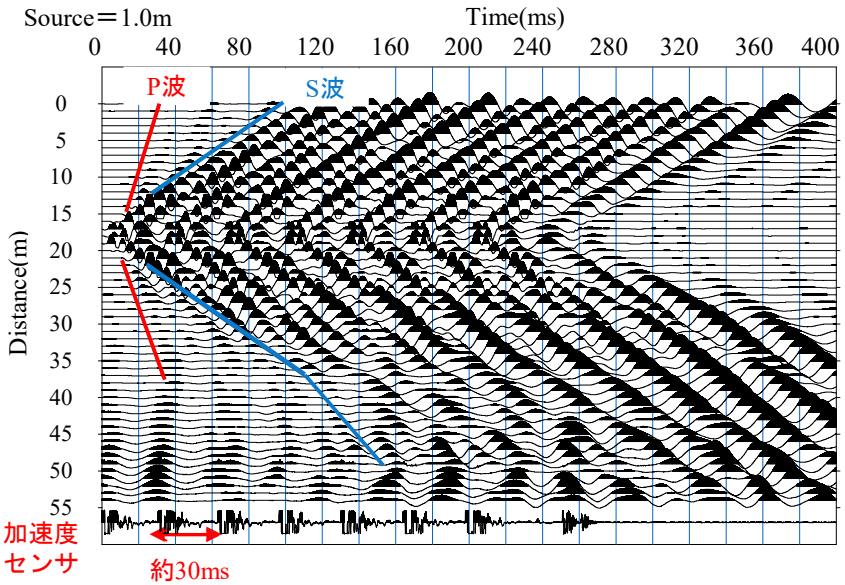
適用事例：計測結果例(A測線)

リアルタイムに得られる情報

カケヤ打撃　起振深さ1.0m

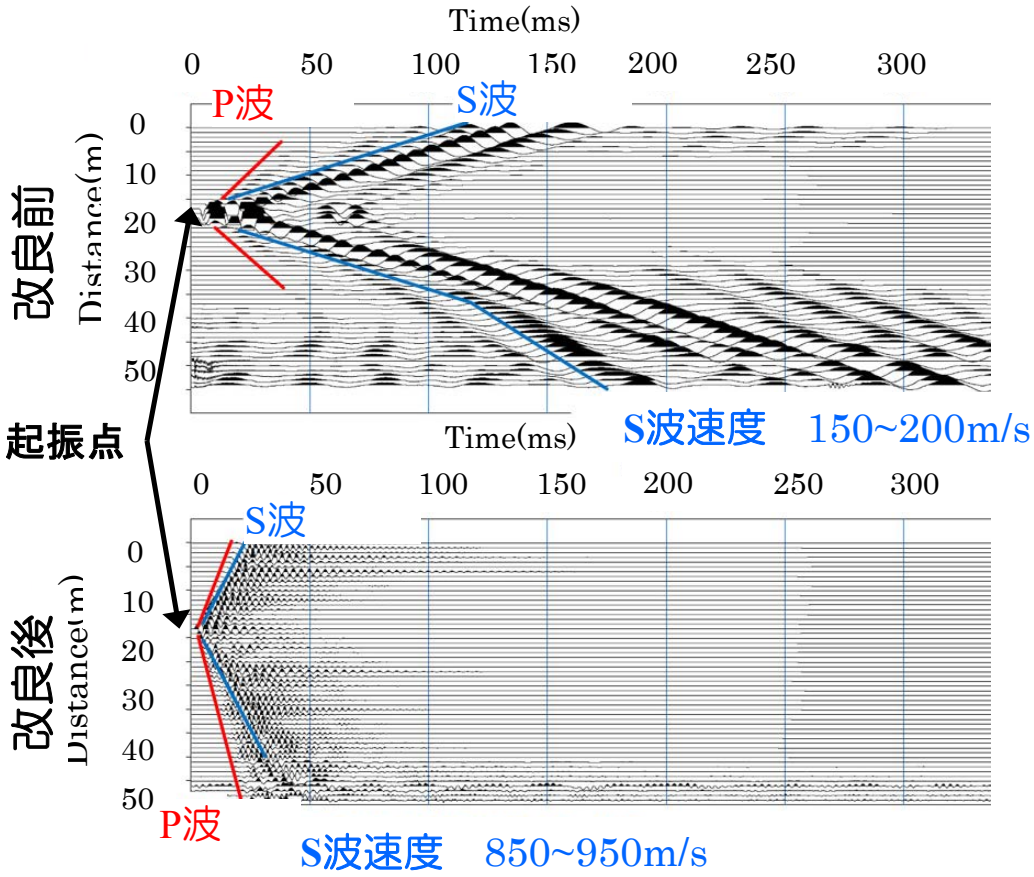


振動打撃　起振深さ1.0m



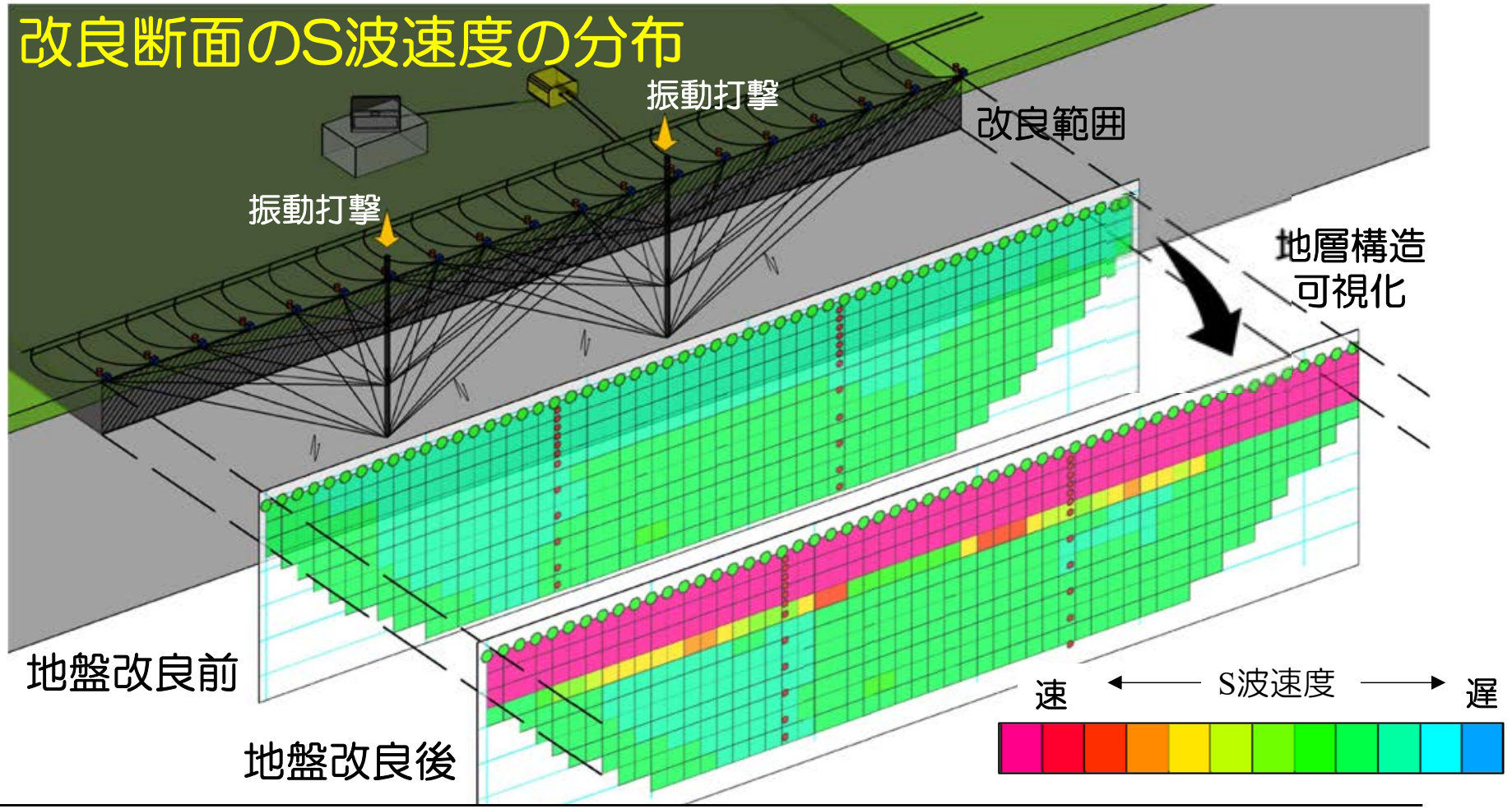
改良前後のS波速度の比較

起振深さ0.5m，カケヤ起振



各位置でのS波到達時間は，直線的に増加．
改良前後でS波速度は速くなっている．

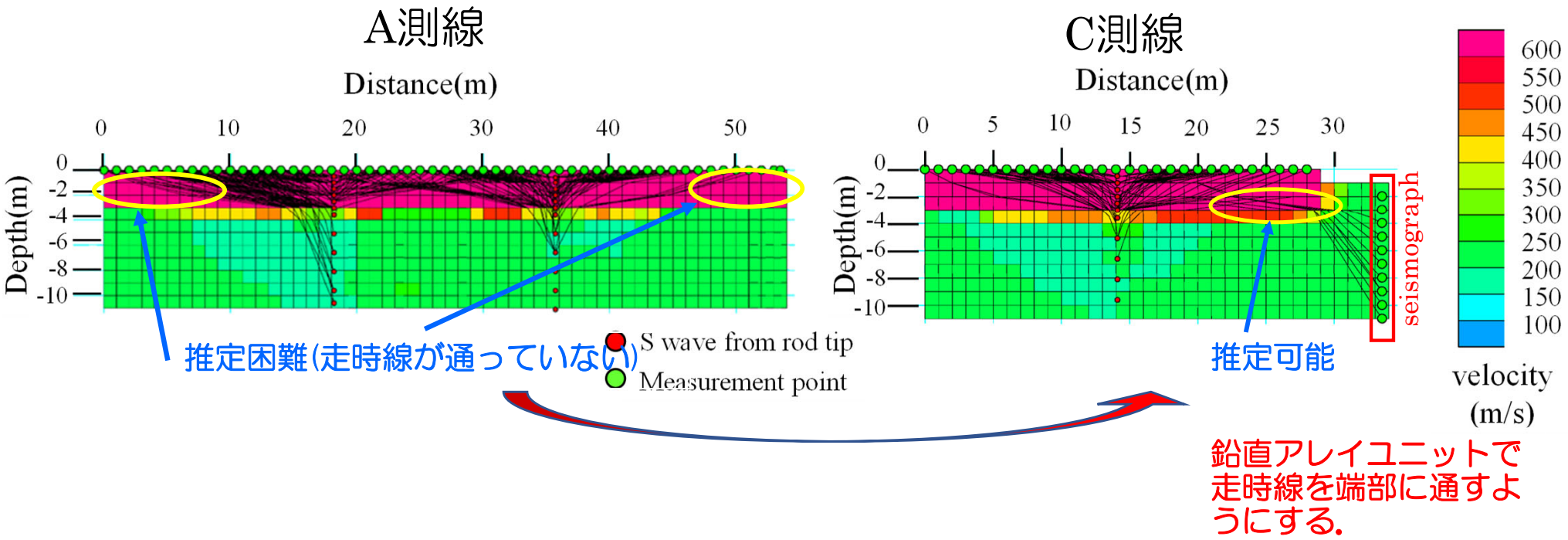
適用事例：地盤の可視化と強度の推定



	S波速度 (m/s)	強度試験結果 (kN/m²)	推定強度 (kN/m²)
Before	160~240		
After	750~900	1800~3400	2400~3500

適用事例：地盤の可視化における課題

S波速度の分布と走時線



地中発振，地表受振と地中受振を組合わせることで

改良部全般について適切に計測が可能

終わりに

動的貫入試験装置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確認手法を開発し現地で検証した.

- 孔内受振ユニットは鉛直アレイ計測に実用でき，動的貫入試験時の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.

埋立地の表層改良工事において，動的貫入試験時に発生する打撃振動を利用した地表面受振や地中鉛直アレイ受振によるS波計測および弾性波トモグラフィ解析を実施した.

- 表層改良前後の弾性波速度のトモグラフィ解析結果から地盤の弾性波速度構造の違いをとらえ，改良範囲や硬さの変化を推定することができた.
- 弾性波トモグラフィ解析での改良体端部が推定できないという問題は，受振器を改良範囲外まで延長して設置する，もしくは，鉛直アレイによってS波速度の受振をすることで，改良体端部も計測できるようにした．これらの方法は限られた範囲での計測やより精度の高い計測に有効である.

動的貫入による打撃振動によってS 波速度計測と弾性波トモグラフィ解析による地盤の弾性波速度構造の推定を可能とし，現場での改良工事の品質・出来形確認への実用性を示した.