

音響波による地盤の見える化技術とその適用例

JFE シビル(株) 正会員 榊原 淳一

1. はじめに

地盤情報の正確な把握は、「安全で効率的な施工」において果たす役割は大きい。地盤調査技術の代表的なものとして「ボーリング調査」があげられるが、図1に示すように、「点の情報しか得られないボーリング調査」だけでは杭長不足などの問題が発生する場合がある。さらに、都市部など地表や地中に既設構造物が存在する場合はボーリング位置に制約が発生する。弾性波トモグラフィ等の非破壊探査はこれらの問題を解決可能な技術であるが、従来の手法は調査精度・調査範囲が現場ニーズに対して十分でない場合が多く、地盤調査への適用は難しいと考えられていた。筆者が米国マイアミ大と共同で開発した音響トモグラフィ手法は、現場サイドで必要な調査精度と範囲を提供できる手法であり、かつ、ユーザーに分り易い「地盤の見える化」を可能とする地盤断面の非破壊・可視化技術である。

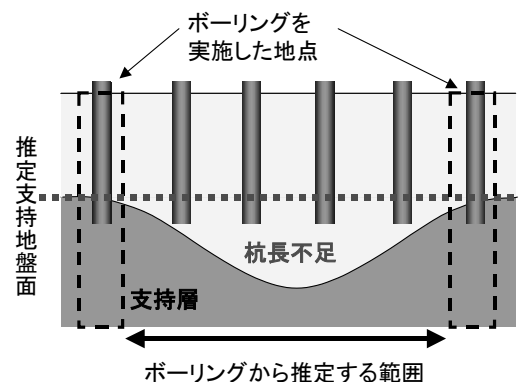


図1 地盤の不陸による杭長不

2. 音響トモグラフィとは

本手法は従来の弾性波トモグラフィと異なり、①音響波帯域の高周波数の疑似ランダム波による高精度(1m程度)かつ広範囲(100m程度)な計測、②発振周波数とエネルギーの制御による高い計測再現性、という特長を持つ調査技術である。図2に計測概念図を示す。発振孔に設置したピエゾ震源(φ43mm, L250mm)を用いて、数百Hz～数10kHz(従来手法は～200Hz)の範囲で任意の周波数を持つ音響波を発振し、受信孔に設置した受信器(外径40mm)により受信する。図3に発振波として用いている疑似ランダム波と従来の打音や発破などの衝撃波の受信記録を比較して示したが、波長の短い波を計測できるため、より精度の高い計測が可能であることがわかる。また、疑似ランダム波は減衰の影響を受けにくいので、

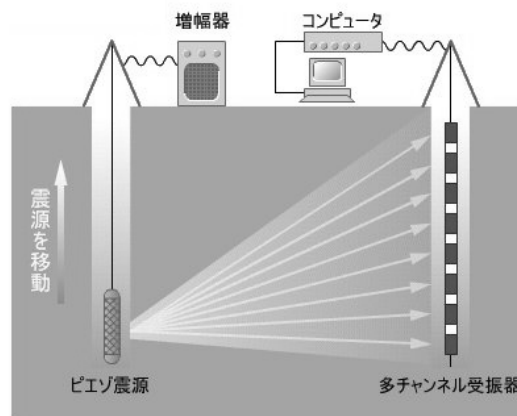


図2 音響トモグラフィの計測概念

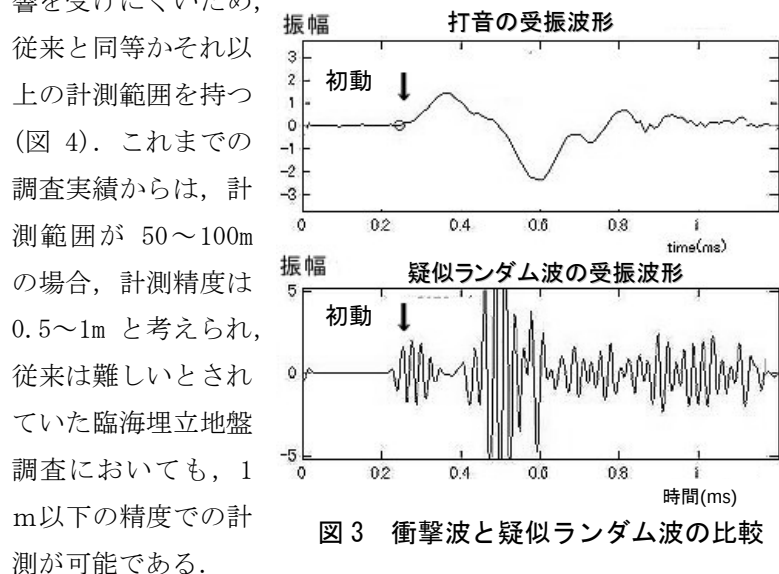


図3 衝撃波と疑似ランダム波の比較

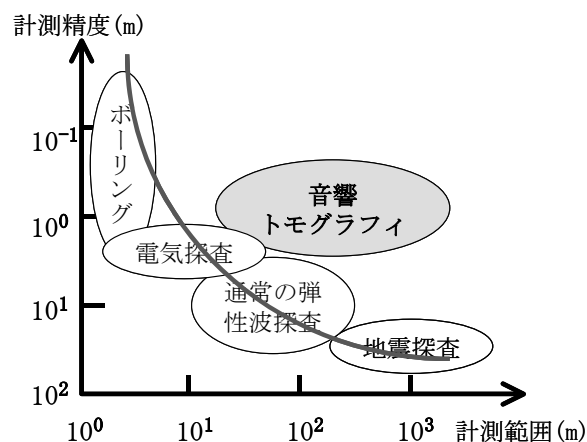


図4 地盤探査手法の比較

キーワード 音響波, 地盤, 可視化, 調査, 高精度

連絡先 〒111-0051 東京都台東区蔵前 2-17-4 JFE 蔵前ビル JFE シビル(株) Tel 03-3864-2982

3. 中部国際空港立体駐車場建設工事における適用例

中部国際空港のある伊勢湾北部は木曽川や揖斐川などの大河川流域にあり複雑な地層構造をしているため、同空港内に建設された立体駐車場(高さ 12.4m, 4 層 5 段×2 棟, 駐車台数 1,280 台)の基礎工事(杭本数 220 本)においては杭の高止まり, 杭長不足などのリスクが懸念されていた。さらに, 空港操業中の施工であることから騒音・振動の少ない既成杭の埋込工法が要求されたため, 杭長変更が基本的に不可能な状況にあった。これらの理由

から本手法による正確な支持地盤把握を行うことになった。計測は 7 本のボーリング孔を用いて, 孔間距離 48m から 98m までの全 10 断面を延べ 5 日間で実施した。

結果の 1 例として, 図 5 に速度分布図を N 値と併せて示す(測線を図中太線で示す)。計測周波数は 2kHz であり, これから想定される計測精度は 1m 以下であった。同図から, 「解析結果より求まった速度境界(図中実線)」と「N 値が急激に増加している地層境界」が誤差 1m 以内で一致していることが分かる。解析結果とボーリング調査結果との対比により, GL -30m 付近の支持地盤(固結シルト)とその上部のシルト～細砂の境界を正確に把握することができた。同図からは, ボーリング結果では把握できない断面中央部の大きな段差の存在も読み取れる。杭長設計はこれらの解析結果から作成した推定支持地盤高のコンター図を基に実施した(図 6)。同図と杭の打設深度記録を比較したところ, 支持地盤の尾根-谷地形の様子がよく一致していた。特に, 図中 A で示す支持地盤が深くなっている領域や図中 B で示す支持地盤が浅い領域など, ボーリング結果では把握できなかった地層変化も良く一致していることが分かった。

4. 考察

本手法のメリットを検証するために, 通常行われる「ボーリング調査結果だけから推定した基礎支持地盤」のコンター図を作成した。これを図 7 に示す。この方法ではボーリング孔間の地層変化を把握する事が出来ない為, 図 6 と比べると単純なコンター図となっていることが分かる。表 1 は図 7 に基づいた杭長設計と実際の数量の比較を示しているが, 約 14% の材料セーブを行えたことがわかる。杭長の過不足による施工時の手間の増加等も考慮すると, ボーリング調査のみの場合と比較して施工費を約 40% もセーブ出来ていることになる。さらに, 「地盤の見える化」によって顧客や施工者が得ることが出来た「施工に対する安心・安全感」も大きなメリットであったと考えられる。

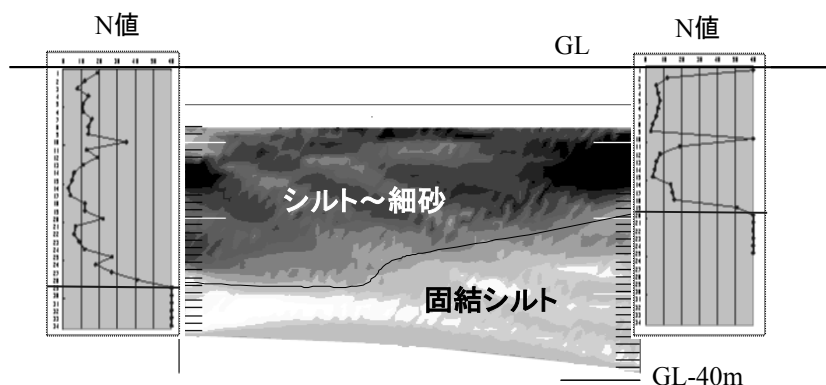


図 5 解析結果(速度分布図)

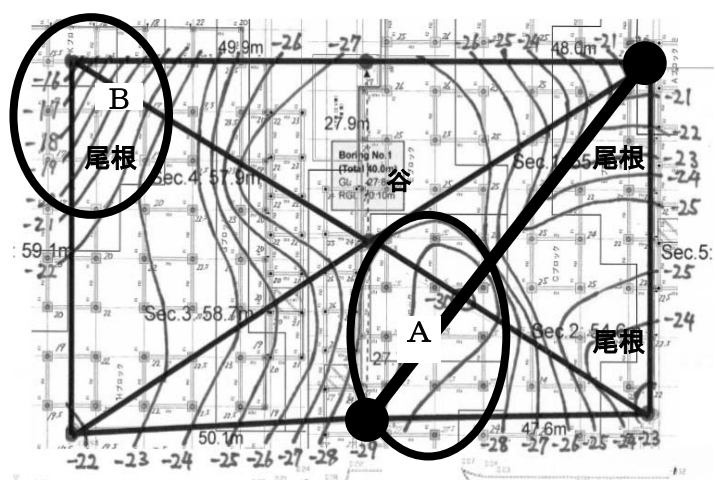


図 6 推定支持地盤と打設実績の比較

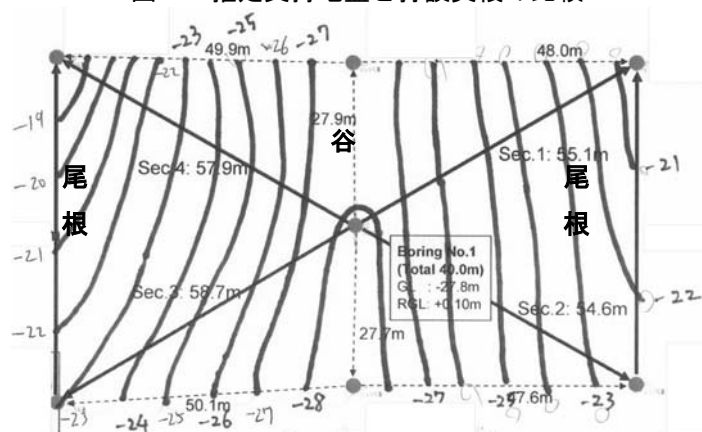


図 7 ボーリング調査による推定支持地盤

表 1 調査方法による杭数量の比較

	杭長(m)	杭重量(t)
ボーリング調査のみ	6,177	918
音響トモグラフィ(実際)	5,295	791
差:	882	127