

P 波速度を用いた地盤改良効果の評価

鉄道総合技術研究所 正会員 澤田亮

(株)地域地盤環境研究所 正会員 山内淑人, 粥川幸司, 菅茜様

JFE シビル(株) 正会員 榊原淳一

1.はじめに

土木工事で実施されている地盤改良では、一般に材料の注入量、注入位置による施工管理が実施されているが、改良効果を断面的に定量化するまでには至っていない。断面的に地盤構成を評価する手法として、弾性波や比抵抗を用いたトモグラフィが提案されているが、探査範囲の狭さや分解能の低さなどにより、費用対効果があまり見込めないため、地盤改良効果の判定において積極的に活用されていないのが現状である。本研究で用いた音響トモグラフィは、長い探査範囲と高い分解能を有しており、近年、地盤構成の詳細評価に適用されてきている手法¹⁾である。

今回、改良域を挟む地盤で実施した音響トモグラフィによる P 波速度分布を用いて、地盤改良効果の評価することができたので、その結果を報告する。

2.音響トモグラフィ地盤調査技術

音響トモグラフィは弾性波トモグラフィに分類される技術であるが、「高周波の音響波」を「周波数とエネルギーを制御」して発振することに特徴がある。図-1 に既存の探査手法との違いを示す。従来の弾性波を用いた探査では、高精度な測定に必要な高周波数の弾性波は、地盤中における減衰が大きいため、現場測定に適用される範囲が限定的であった。これに対して、本手法では疑似ランダム波を発振波とすることで、S/N 比 (信号とノイズの比) を飛躍的に改善し、精度が高く測定距離の長い現場計測を可能としている。図-2 に従来の弾性波を用いたトモグラフィと音響波を用いた場合の同一断面での探査結果を示す。従来の弾性波の場合においても、地盤構成の違いはある程度読み取ることができるが、音響波による P 波速度分布では、より詳細な地盤構成の変化を評価できていることがわかる。

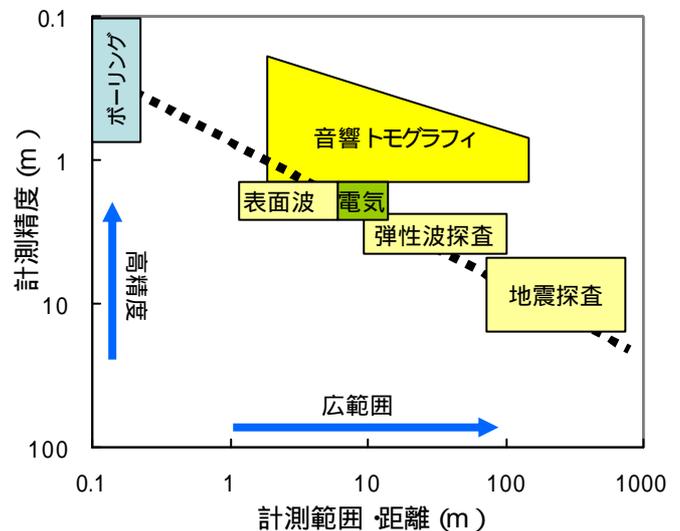


図-1 既存の探査手法との違い

3.P 波速度による地盤改良効果の判定

測定の対象とした地盤改良は、水ガラス系材料を用いて止水対策を目的として実施されたものである。1つは地盤改良直後に実施したもので、2つ目は地盤改良後数年経過したものである。

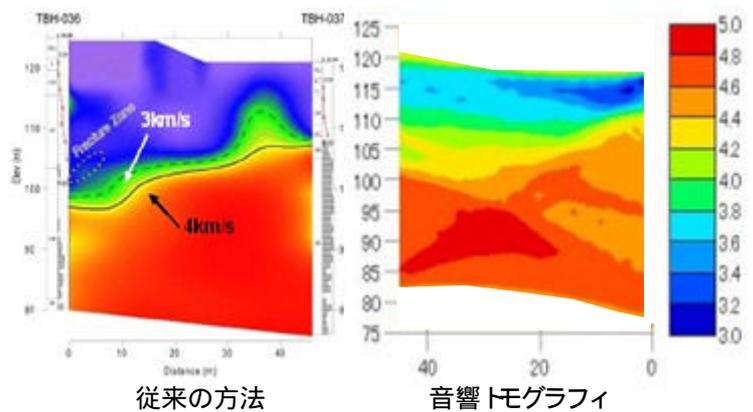


図-2 P 波速度の対比

音響トモグラフィによる地盤改良効果確認においては、地盤改良の前後で測定を行い、その相対比較を行うことにより、その判定精度をより高めることが可能となる。しかし、今回は施工中の地盤や過去の改良地盤を対象としているので、地盤改良後の測定結果を用いて地盤改良効果についての検討を実施した。

キーワード 地盤改良, P 波速度, 音響波, トモグラフィ, 現場測定

連絡先: 〒814-0004 福岡市早良区曙 2丁目 5-1, TEL 092-833-8123, FAX 092-833-8124

4.測定結果と考察

図-3 および図-4 に音響トモグラフィで得られた地盤の P 波速度分布を示す .図-3 は地盤改良直後に実施したもので ,図-4 は改良後数年経過している地盤で実施したものである .それぞれの図中に示されている で囲まれた範囲が改良域である .

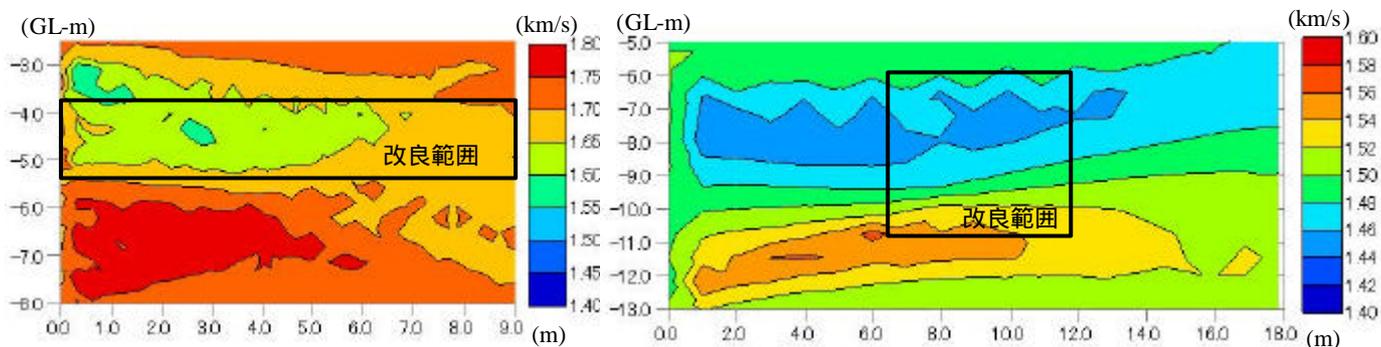


図-3 地盤改良直後の P 波速度分布

図-4 改良後数年経過した地盤の P 波速度分布

地盤改良直後においては , で囲まれた改良範囲における P 波速度が ,1.55 ~ 1.70km/s であるのに対して ,未改良地盤においては ,1.65km/s 以上であることがわかる .また ,地盤改良後数年が経過している場合には , で囲まれた改良範囲において ,改良底盤部付近では 1.50km/s を超えているが ,ほぼ 1.45 ~ 1.50km/s の速度分布であるのに対し ,未改良域では ,1.50 ~ 1.60km/s 程度の速度分布となっていることがわかる .地盤改良直後の P 波速度分布では ,改良範囲において顕著な速度低下を生じているのに対して ,改良後数年を経過している地盤では ,改良効果が低下していることが考えられ ,周辺の未改良地盤とほぼ同じ P 波速度値になっている可能性が考えられる .

P 波速度低下状況を相対的に評価するために ,図-3 では GL-5.5 ~ -8.0m ,図-4 では GL-10.0 ~ -13.0mの平均 P 波速度を基準として ,探查範囲における P 波速度低下率分布を算出した .図-5 および図-6 にこれらの結果を示す .

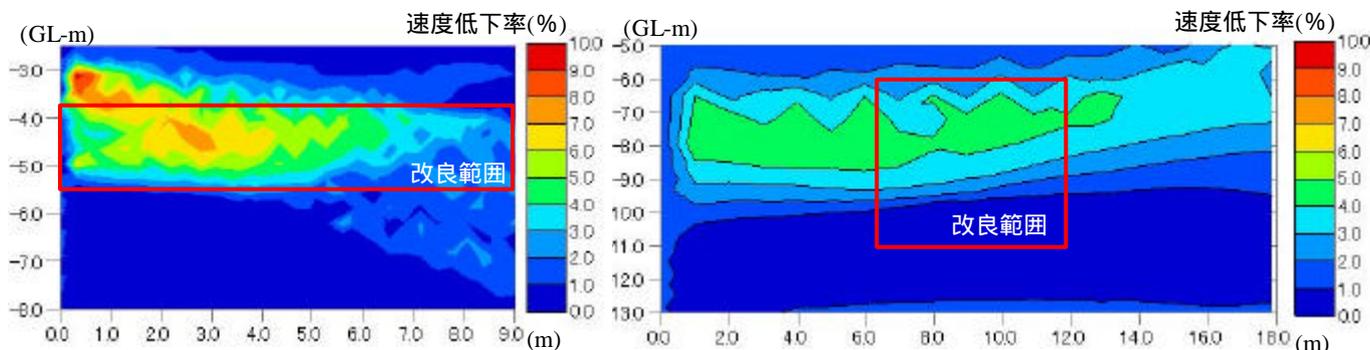


図-5 地盤改良直後の P 波速度低下率分布

図-6 改良後数年経過した地盤の P 波速度低下率分布

P 波速度低下率から判断すると ,地盤改良直後では 4% ~ 10%の変化が見られるのに対して ,改良から数年が経過した地盤では ,5%程度の変化となっている .しかし ,未改良域でも同程度の変化が生じていることから ,改良効果が低下している可能性も考えられるが ,P 波速度変化率と透水性には ,何らかの関係があるものと推察できる .

5.まとめ

P 波速度値自体は ,地盤の硬軟や間隙の状態により変化するものである .したがって P 波速度分布では ,改良範囲の評価は可能であるが ,改良効果の判定への適用は困難である .しかし ,未改良地盤の P 波速度を基準とした ,P 波速度低下率分布を用いることにより ,地盤の透水性の変化を評価できる可能性があることが判明した .

参考文献

1) 澤田 , 後藤 , 粥川 , 山内 , 早川 , 榊原 : 音響トモグラフィを用いた薬液注入による地盤改良の効果確認 , 土木学会 , 第 64 回年次学術講演会 , pp.371 ~ 372 , 2009 年 9 月