

変化の激しい支持地盤における地盤の見える化の適用例 (音響トモグラフィによる経済的・効率的な設計施工例)

地盤の可視化、杭基礎、経済設計

○JFE シビル(株) 正会員 富重健一
JFE シビル(株) 正会員 榊原淳一
JFE シビル(株) 田中真人

1. はじめに

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、さらに氷河期の海進海退の影響を受け複雑な地層構造をしている。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、この複雑な地層構造による杭の高止まり、杭長不足などの施工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・振動の少ない施工方法(既成杭の埋込工法)が要求されており、杭長変更が基本的に不可能な状況にあった。

このため、ボーリング調査だけでは施工リスクの低減には不十分であると判断し、「地盤断面を正確に可視化できる音響トモグラフィ」を実施した。本文では、音響トモグラフィによる調査結果、これに基づき実施した杭工事の記録による調査結果の検証、およびボーリング調査のみによって地盤構造を推定した場合との比較により音響トモグラフィの効果について検討した。

2. 調査結果

図 1 に計測計画平面図を示す。計測距離は 47.6m から 97.8m までの全 10 断面であった。受信センサーの間隔は 1m、計測周波数は 2kHz であり、これから予想される計測精度は ±1m 以下であった。

計測結果を基に全 10 断面の解析を行いボーリング調査の結果と比較して妥当性を確認した。解析結果の例として Sec7(測点 No. 4～No. 7 間)における速度分布図を N 値と併せて図 2 に示す。ボーリング調査からは GL-30m 付近に支持地盤である固結シルト、その上部にシルト～細砂が堆積していることがわかつっていた。同図より、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。ボーリング結果との比較により速度境界が支持層である固結シルト層の上面を示していることが確認できた。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。

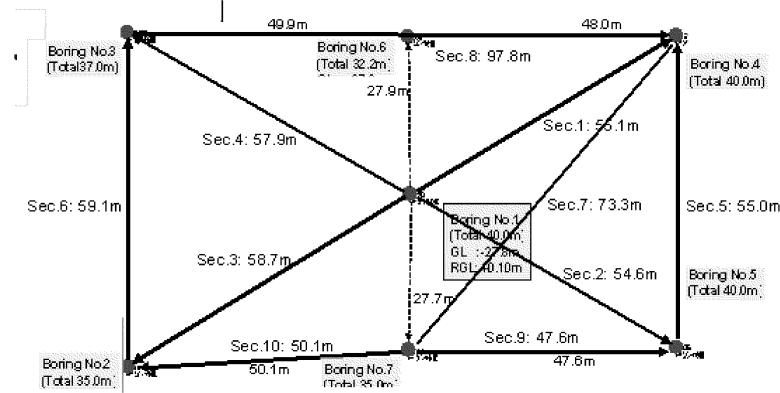


図 1 計測計画平面図



図 2 解析結果(速度分布図)

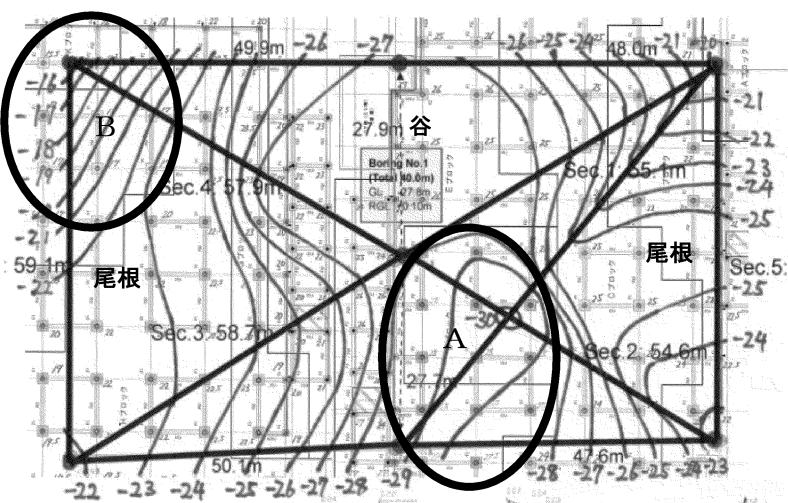


図 3 推定支持地盤と打設実績の比較

3. 調査結果の検証

調査結果を検証するために「調査結果から得られた基礎支持地盤のコンター図」と「実際の杭打設記録」から推定した支持地盤深度を比較した。これを図3に示す。ここで用いた杭打設記録とは、埋込工法の際に現場施工管理の為に用いる記録であり、オーガーを駆動する為の電流値の変化から、地盤の貫入抵抗を把握するものである。

同図より、支持地盤の尾根-谷地形の様子がよく一致していることが分かる。また、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る。

4. 効果の検証

音響トモグラフィの効果を検証するために、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4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3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。統いて、定量的な評価を行うためにこのコンターノに基づいた杭長設計を行った。

図5は、「図2と同じ断面においてボーリング調査結果による杭長設計」と「音響トモグラフィ結果による杭長設計」を比較した例である。破線はボーリング調査から推定される支持地盤境界である。現場で採用された埋込工法は継ぎ杭が不可能な工法であり、杭長不足の発生を避ける為全体的に余長を多く見る必要があった。これを一点鎖線で示す。この場合には支持地盤が浅い部分における「杭の高止まり」や「余分な杭の発注」、「打設時間の増加」が発生する。全ての杭について同様の検討を行った結果を表1に示す。杭長では14%の材料のセーブができる事がわかる。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、ボーリング調査だけに基づいて施工を行った場合と比較して施工費が約40%も少なくなることが分かった。

表1 杭長設計方法の違いによる数量の比較(試算)

		杭長(m)	杭重量(t)
ボーリング調査による杭長設計		6,177	918
音響トモグラフィの結果を反映した杭長設計		5,295	791
差:		882	127

5.まとめ

本検討では、音響トモグラフィによる「地盤の見える化」により工事全体のコストを低減できる事が判った。図6はボーリング調査のみの場合には必要となる“安心を見込んだ設計・発注”や“追加工事費”が、音響トモグラフィのような正確な調査を併せて行うことによって不要となり、結果として工費全体を削減できることを示している。今回の調査は経済的・効率的な施工が出来た良い例であったと考えられる。また、地盤の見える化は顧客に施工に対する安心感と満足感を与えることもできると考えられる。今後も同様の実績を増やすし、“正確な調査が結果としてコスト、リスクを低減する”ことに対する理解を広めていきたいと思う。

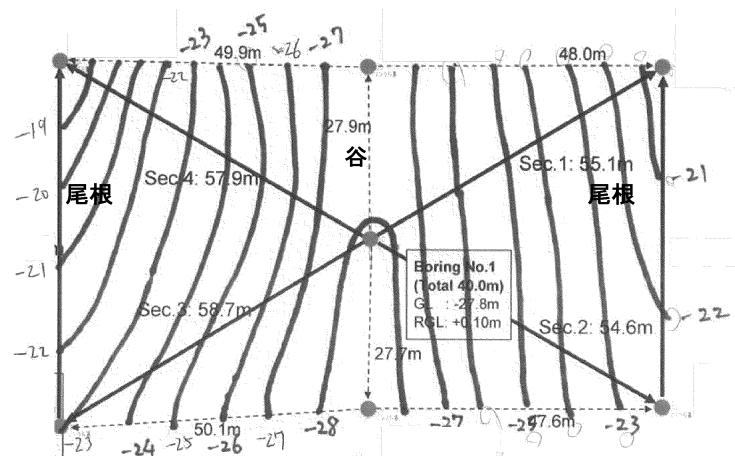


図4 ボーリング調査による推定支持地盤

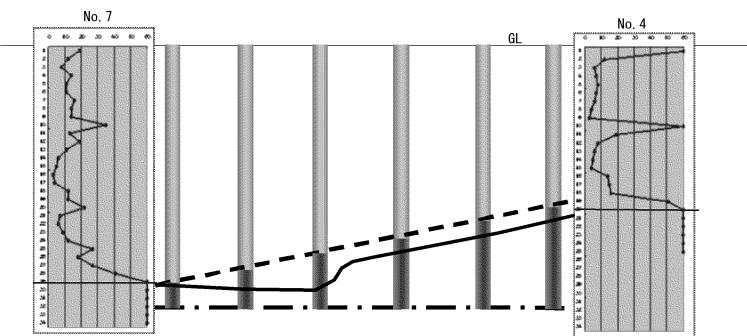


図5 N値のみによる杭長設計例

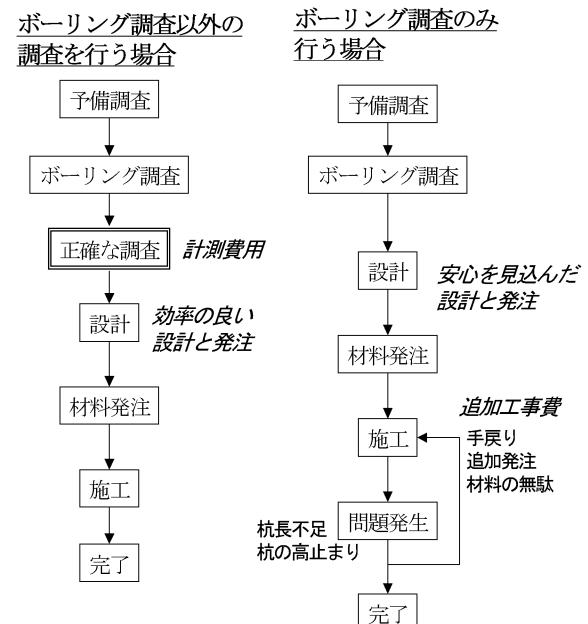


図6 施工の流れの比較