

# 表層地盤構造推定への短周期表面波探査の適用性

～名古屋大学東山キャンパス内での計測に基づく検討～

名古屋大学 工学部 社会環境工学科 建築学コース  
飛田研究室 鈴木章弘

## 1. はじめに

わが国の地盤は一般に、洪積層の上を比較的やわらかい表層地盤である沖積層が覆っている。そして、この表層地盤は場所により変化に富んでおり、幾何学的に特異な形状や状態にある不整形地盤であることが多い。それは、崖地形や傾斜地形、丘陵地などのような自然地形によるものだけでなく、丘陵地において切盛された造成地や臨海埋立地、大都市地域における地下構造物利用などに伴う人工的な地形改変によって、その地形条件は非常に複雑になっている。

そのため、地形・地質の不整形性が地震動に及ぼす影響が精力的に研究されている。また、限界耐力計算法では工学的基盤以浅の表層地盤の影響を考慮することとされている。従って地盤構造の調査は重要であり、ボーリング、PS検層、地震・微動観測等により表層地盤構造を解明しようとする研究も行われている。しかし、これらの方法は費用や手間がかかるため、詳しい調査は一般に容易ではない。

そこで本論では、表層地盤構造調査の新たな手法として短周期表面波探査法を導入し、この手法の適用性に関する検討を行うと共に、微動アレイ探査と併せて名古屋大学東山キャンパスの表層地盤の調査を行う。

## 2. 短周期表面波探査解析の概要

表面波であるレイリー波の位相速度は、その周波数(波長)により速度が変わる分散性を持っており、およそ波長に相当する深さ方向のS波速度を主に反映する。そこで本論ではこの表面波を用いた新たな表層地盤構造推定手法である短周期表面波探査を導入した。一般には、長周期微動による表面波探査が行われているが、今回導入した手法はそれよりもずっと短周期の微動を用いて浅い部分を調査するものである。

具体的には、まず、図1に示したように1m間隔程度で等間隔に受振器を配置し、カケヤなどで起振することにより表面波を励起し、この波形を各受振器で収録する(図2)。

こうして収録された波形記録に対して受振点ごとに考える全ての2点の組み合わせを作成し(図3)、クロスコリレーションを行う。次に全収録記録から2点の中間点と同じ場所となる全てのクロスコリレーションを集め、その中で同じ受振点間隔のものを加算し、受振点間隔に応じて並べる(図4)。こうして得られた記録を疑似共通起振点記録とする。続いて、各疑似共通起振点記録をフーリエ変換により周波数領域の見かけ速度分布に変換し、各周波数に対して最大の振幅となる位相速度を読み取り分散曲線とする(図5)。

この分散曲線をもとに非線形最小二乗法を用いてインバージョン(逆解析)を行い、各受振点距離に応じた推定S波速度構造を求める。図6は観測記録と逆解析によって得られた記録の比較であり、2つの記録がほぼ一致していることが分かる。こうして得たS波速度構造を隣り合う地点の関連性を保ちながら並べて地下構造断面が得られる。

また、さらに深部の様子を調査する場合は微動アレイ探査データを併用し、逆解析を行うことにより深部のS波速度構造の精度を向上することができる(図7)。

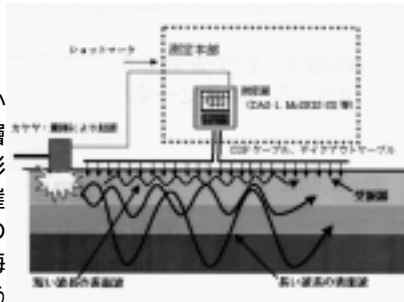


図1: 表面波探査の測定方法

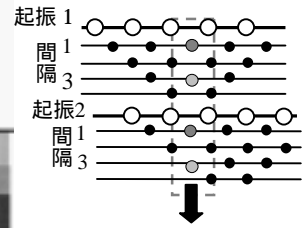


図3: 複数の起振点記録から得られる2点の組み合わせとその中心点

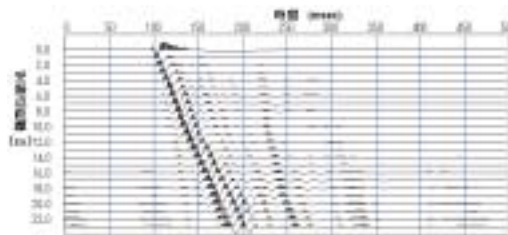


図2: 起振時の各受振点の収録波形例

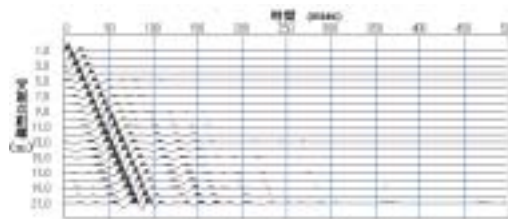


図4: 疑似共通起振点記録

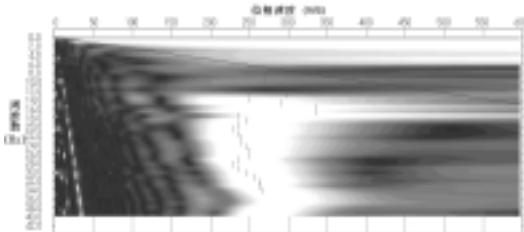


図5: 周波数領域の見かけ速度分布例

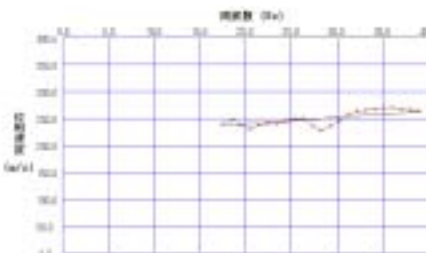


図6: 観測分散曲線と理論分散曲線の比較

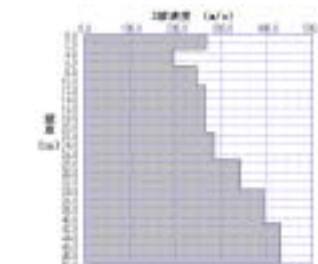


図7: 微動アレイデータを併用して推定したS波速度構造

### 3.短周期表面波探査の適用性

図8は東山キャンパス内のボーリング・PS検層地点および短周期表面波探査計測地点である。

図9、図10は新2号館予定地および中央図書館西において行った、短周期表面波探査と微動アレイのデータを重ね合わせて求めたS波速度構造の推定結果(塗りつぶし)と、既存のPS検層・ボーリングデータから求めたS波速度(実線)とを比較したものである。図8においては、観測S波速度は既存データと比べて全体的に速度は小さいが、速度の変化の様子は整合している。また、図9では深度15m~35mの範囲では差が見られるが、深度10m程度まではよく整合している。以上の結果から、本手法で推定したS波速度構造は既存の調査結果と対応すると考えられる。

図11は新2号館予定地の推定地下構造断面と近傍のボーリングデータである。この図から、推定断面は深度約10m程度まではその地盤の様子をよく反映していると考えられる。また、この地点では距離約10mあたりから深部でS波速度が変化しており、地下構造が変化していると推測される。

また、図12-a,bは中央図書館西で行った同一直線上の測線で12mだけずらして計測したデータから同じように推定求めた地下構造断面である。測線が重なり合った部分では同様の構造が求められるはずであるが、得られた結果では図に示した範囲で不連続になっている。これは、CMP解析を行う際に測線端部のデータが少ないためと考えられる。そこで、この2つのデータの共通する部分を重ね合わせることで、1つのデータとして取り扱うことにした。その結果得られた地下構造断面が図13である。これを見ると、2つのデータの傾向を保ちながら連続性が向上していることが分かる。このことから、同一直線上を連続して計測する際には、それぞれのデータを重ね合わせ1つの記録としたものについて推定を行うことにより、より有用な結果を得ることができると考えられる。



図8: 東山キャンパス内のボーリングデータ・PS検層地点および短周期表面波探査計測地点

### 4.まとめ

本論では、新たに導入した短周期表面波探査手法の適用性に関する検討を行うため、東山キャンパス内での計測記録をもとに各観測点の表層地盤構造の調査を行った。その結果、観測結果と、既存のデータとの比較によりこの探査法の推定結果は既存調査結果とほぼ対応していることが示された。また、測線端部の連続した2つの地点のデータを重ね合わせて得られた推定結果は、その様子を反映しながら精度・連続性が向上することを示した。

以上の結果から、表層地盤構造の推定に関して、本論で用いた短周期表面波探査手法は、収録方法の簡便さ、観測地点の自由度、解析結果の信頼性という点において、その適用性が高いと考えられる。

今後は、更なる信頼性の向上とデータの蓄積が期待される。

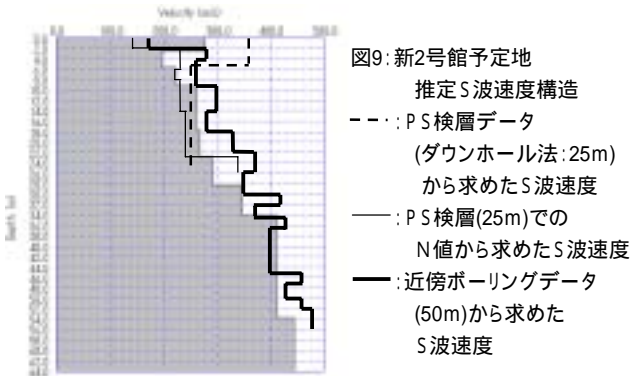


図9: 新2号館予定地  
推定S波速度構造  
---: PS検層データ  
(ダウンホール法:25m)  
から求めたS波速度  
—: PS検層(25m)での  
N値から求めたS波速度  
—: 近傍ボーリングデータ  
(50m)から求めた  
S波速度

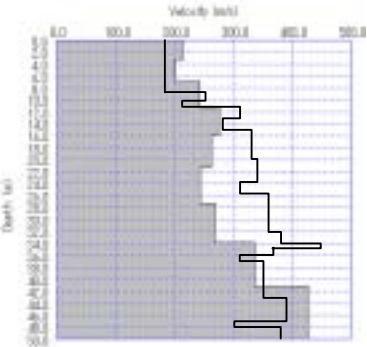


図10: 中央図書館西 推定S波速度構造  
—: N値データから求めたS波速度

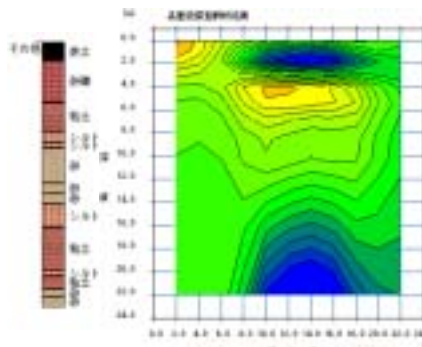


図11: 新2号館予定地 EW方向 推定地下構造断面  
および 近傍ボーリングデータ

図12- a:  
中央図書館西  
EW方向 前半部  
推定地下構造断面

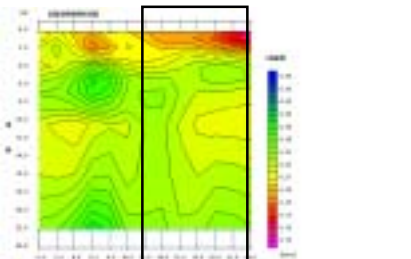


図12- b:  
中央図書館西  
EW方向 後半部  
推定地下構造断面

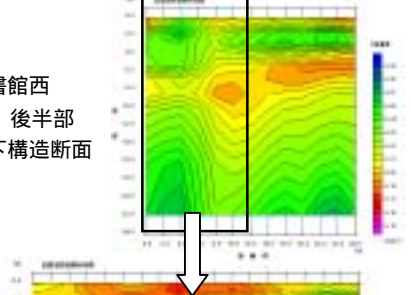


図13: 中央図書館西 EW方向  
推定地下構造断面

