

### 3) - 2 交通振動の移動 1 点計測に基づく表層地盤特性の評価

#### Estimation of Shallow Soil Structure Based on Conventional Measurements of Traffic-Induced Vibration

(研究期間 平成 20~21 年度)

構造研究グループ  
Dept. of Structural Engineering

新井 洋  
Hiroshi Arai

A method for estimating the S-wave velocity profile and damping ratios of surface soils is proposed, based on the back analysis of spatial variation of particle orbit for traffic-induced vibrations observed with a three-component sensor. From the field tests and sensitivity analyses performed at several sedimentary sites, it is indicated that the proposed method could be effective for confirming the accuracy and reliability of soil properties estimated by using the existing surface wave method, e.g., microtremor array observation and/or H/V techniques.

#### [研究目的及び経過]

建物の地震防災を行う上で、表層地盤の S 波速度構造と減衰定数を簡便に評価する手法を確立することが必須である。そのための有力な地盤探査手法として、微動・表面波探査法（分散曲線や H/V スペクトルの逆解析）<sup>例えは 1)-6)</sup>が挙げられる。しかし、多点同時観測は未だ煩雑であり、逆解析における解の唯一性など、解決すべき問題点が残されている。

そこで、本研究では、無線 1 点 3 成分計測解析システムを開発し、振動源が既知の地点における交通振動計測に基づいて、その鉛直および水平面内の粒子軌跡（楕円率および軸傾斜角）の位置的变化を周波数領域で抽出し、弾性波動論に基づく逆解析から表層地盤特性（S 波速度構造および減衰定数）を同定する手法を提案し、その有効性と適用限界を複数地点での振動計測から検証することを目的とする。

#### [研究内容]

本研究の具体的内容は、次のとおり。

- (a) 交通振動の鉛直および水平面内の楕円率と軸傾斜角の位置的变化を求める無線 1 点 3 成分計測解析システムの開発
- (b) 地表点加振源から発生する波動場の鉛直および水平面内の粒子軌跡（楕円率および軸傾斜角）の位置的变化から地盤の S 波速度構造と減衰定数を同時に同定する逆解析手法の開発
- (c) 現場実験に基づく交通振動の鉛直および水平面内の楕円率の軸傾斜角の位置的变化の評価
- (d) 種々の地盤における表層 S 波速度構造および減衰定数の推定

#### [研究結果]

平成 20 年度は、現場計測に必要な無線 1 点 3 成分計測解析専用のハードウェアおよび対応ソフトウェアを、研究代表者が現有する汎用の多成分微動観測解析システムを参考に、最小限必要な機能を残して小型化・軽量化し、これに無線 LAN 機能を搭載する方針で開発した（写真 1）。また、地表点加振源から発生・伝播する弾性波動場の鉛直および水平面内の粒子軌跡（楕円率および軸傾斜角）の位置的变化の逆解析を行うためのコンピュータプログラムを、過去に研究代表者が開発した表面波の分散曲線および水平上下振幅比の同時逆解析プログラムを応用・発展させて作成した。すなわち、研究内容の(a), (b)について検討を行った。

平成 21 年度は、昨年度に整備した振動計測システムを用いて、既往の研究（図 1-3）<sup>7)</sup>を参考に、沖積地盤上の数地点において提案手法による現場実験を実施した。すなわち、研究内容の(c), (d)について検討を行った。ただし、当初考えていたほど、実験データ（地表粒子軌跡の楕円率および軸傾斜角）の表層地盤の S 波・減衰構造（とくに減衰）に対する感度が良くないことが分かった。このため、提案手法は、微動・表面波探査法における解の信頼性を高める補助手段として活用することが有効と考えられる。

#### [参考文献]

- 1) 堀家正則：微動の研究について，地震 2, 46, 343-350, 1993.
- 2) Tokimatsu, K.: Geotechnical Site Characterization Using Surface Waves, 1st Intl. Conf. Earthquake Geotechnical Engineering, Tokyo, Japan, 3, 1333-1368, 1997.
- 3) Okada, H.: The Microtremors Survey Method, Geophysical Monograph Series 12, Soc. Exploration

*Geophys. Japan*, 155pp, 2003.

- 4) Uebayashi, H.: Extrapolation of Irregular Subsurface Structures Using The Horizontal-to-vertical Spectral Ratio of Long-period Microtremors, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 93(2), 570-582, 2003.
- 5) Arai, H. and Tokimatsu, K.: S-wave Velocity Profiling by Inversion of Microtremor H/V Spectrum, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 94(1), 53-63, 2004.
- 6) Arai, H. and Tokimatsu, K.: S-wave Velocity Profiling by Joint Inversion of Microtremor Dispersion Curve and Horizontal-to-vertical (H/V) Spectrum, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 95(5), 1766-1778, 2005.
- 7) 新井洋：単一走行自動車による地盤振動のモデル化に関する一検討，地盤の環境・計測技術に関するシンポジウム論文集，地盤工学会関西支部，61-66, 2005.



写真 1 1点3成分振動計測システム

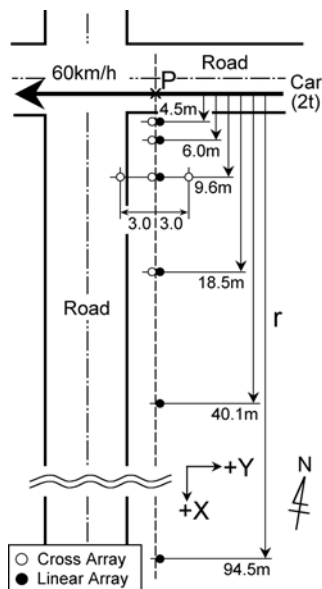


図 1 振動計測点配置の例<sup>7)</sup>

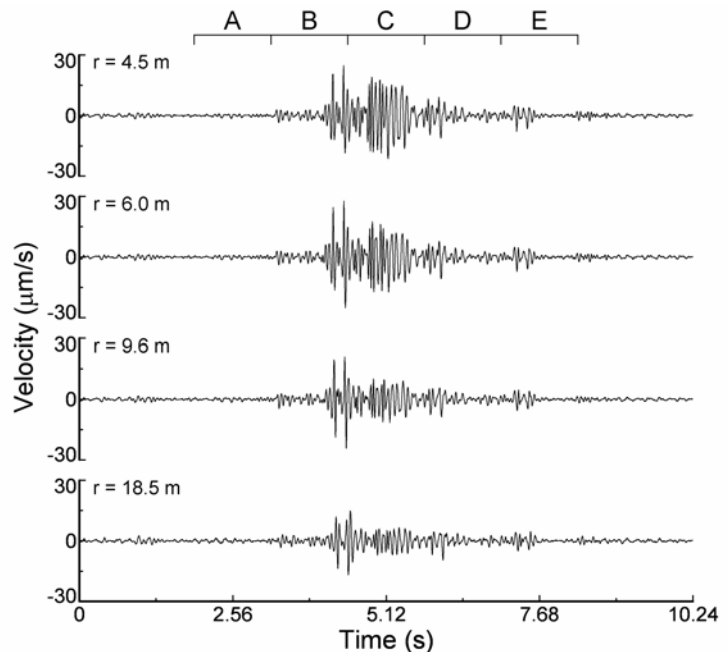


図 2 計測された振動波形の例（速度：鉛直成分）<sup>7)</sup>

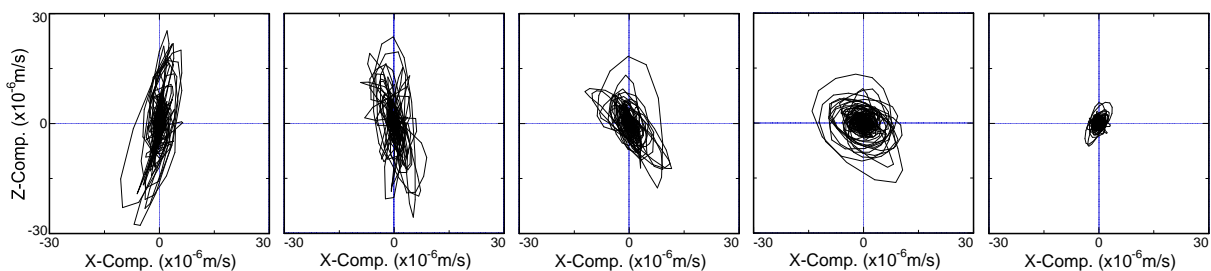


図 3 計測された振動軌跡の例（速度：鉛直断面）<sup>7)</sup>