

## レーリー波探査に基づくロマプリータ地震調査(その2)

正会員 時松孝次<sup>\*1)</sup> 同 ○新澤健一郎<sup>\*2)</sup>  
同 桑山晋一<sup>\*3)</sup> 同 阿部秋男<sup>\*4)</sup>

## 1. はじめに

1989年のロマプリータ地震は、サンフランシスコとその周辺に大きな被害をもたらした。特に、軟弱地盤における地震波の増幅と液状化が被害に密接に関連していると考えられる。これらの効果を定量的に把握するためには、表層から深い深度までのS波速度構造が必要となる。そこで、筆者らは短周期微動とランダム振動を併用して簡便にS波速度構造を推定する探査システム<sup>1)</sup>を作成し、サンフランシスコ市周辺で現地調査<sup>2)</sup>を行なった。今回はその第2報として、トレジャー島とマリナー地区の表層から深度50~100mまでのS波速度構造を推定し、既往の資料と比較することで、探査システムの有効性について検討する。

## 2. 測定・解析方法

測定装置の概要を図-1に示す。複数の鉛直センサーにより地表面に直線または円形のアレイを組む。短い波長を対象とする場合には人力によるランダム振動を直線アレイで、長い波長を対象とする場合には短周期微動を円形アレイで観測する。なお、センサー間隔により対象となる波長が限定されるので、センサー間隔を漸次変えながら観測を行ない、必要な波長の範囲をカバーする。鉛直センサーから得られた地表面の振動波形は、増幅後AD変換してコンピューターに記録する。

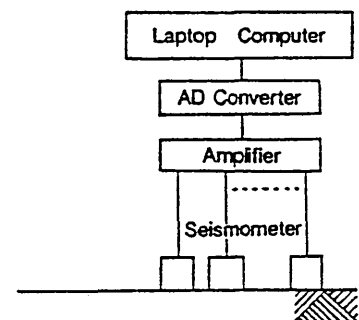


図-1 測定装置の概要

観測波形に対して、最尤法によりF-Kスペクトル解析<sup>3)</sup>を行ない各周波数 $f$ における位相速度 $c$ を求め、次に $c = f \cdot \lambda$ の関係から位相速度 $c$ と波長 $\lambda$ の関係(分散曲線)を得る。さらに得られた分散曲線を逆解析してS波速度構造を推定した。

## 3. 測定・解析結果

トレジャー島とマリナー地区で測定を行なった(図-2 A, B)。トレジャー島のサイトは強震記録の得られた消防署の近傍、マリナー地区のサイトはWinfield Scott Schoolのグラウンドであった。図-3にトレジャー島で得られたF-Kスペクトルを示す。縦、横軸を波数とし(上が北側を示す)、スペクトルを最大ピーク値に対して-2dBおきにコンター表示した。また最大ピーク値を示した波数を\*印で示す。約4 Hzより低い周波数では、ほぼ円環状のスペクトルとなった。これは、波が全方向から到来していることを示す。一方、約4 Hzより高い周波数では、波は北東方向から到来する傾向がみられた。

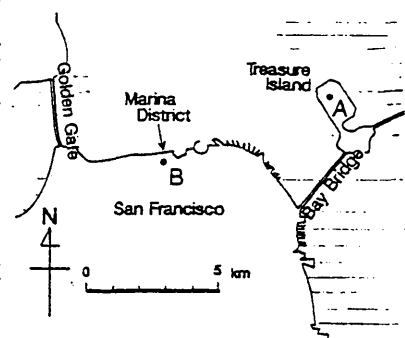


図-2 測定地点

同様に各周波数に対してF-Kスペクトルを求め、最大ピークの波数から図-4に+印で示す位相速度-波長の関係(分散曲線)を得た。この分散曲線は全体的に安定した正分散を示している。次に測定分散曲線に対して逆解析を行ないS波速度構造を推定した。逆解析による理論分散曲線を図-4に実線で示す。また、逆解析により求めたS波速度構造を図-5に実線で示す。比較のため同一地点でのSeedら(1990)<sup>4)</sup>により推定された結果を

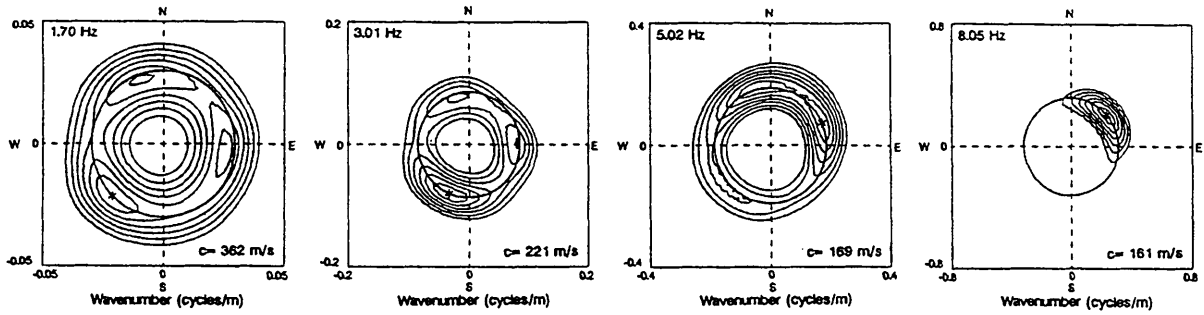


図-3 トレジャー島のF-Kスペクトルの例

破線で示す。両結果は比較的良好に対応している。

マリナー地区の測定データに対しても同様の解析を行ない、分散曲線(図-6の+印)を求めた。分散曲線は波長100m付近で逆分散しており、この部分で高次モードが卓越していることを示唆している。図-6には逆解析より求めた理論分散曲線も示している。理論分散曲線は実測された逆分散の傾向をよく表現している。図-7は逆解析より求めた地盤構造と深度30mまでのP S検層結果<sup>5)</sup>を比較している。この場合も両結果は比較的良好一致を示した。

#### 4. まとめ

短周期微動とランダム振動を併用したレーリー波探査システムを用いてトレジャー島とマリナー地区で現地調査を行なった。本手法から推定されたS波速度構造は既往の資料と比較的良好に対応していた。今後種々の改善と検討を要するものの、以上の結果は短周期微動とランダム振動を併用したレーリー波探査システムが地盤のS波速度構造の推定に有効な手法となる可能性を示している。

#### 《参考文献》

- 1) 時松孝次・新澤健一郎・小島久弥・桑山晋一(1991): "S波速度構造同定のためのレーリー波探査システム"、第26回土質工学研究発表会。
- 2) 桑山晋一・田村修次・能村商栄・時松孝次(1990): "レーリー波探査に基づくロマプリータ地震調査(その1)"、日本建築学会大会学術講演梗概集。
- 3) Capon, J. (1969) "High-Resolution Frequency-Wavenumber Spectrum Analysis," Proc. IEEE, 57.
- 4) Seed, R. B. et al. (1990) "Preliminary report on the principal geotechnical aspects of the October 17, 1989 Loma Prieta Earthquake," UCB/EERC-90/05
- 5) Kayen, R. et al. (1990) "Effects of the Loma Prieta Earthquake on the Marina District San Francisco, California, Chapter G Engineering and seismic properties of the soil column at Winfield Scott School, San Francisco," USGS Open File Report 90-253.

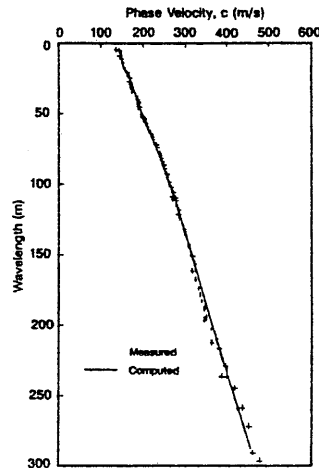


図-4 トレジャー島の分散曲線

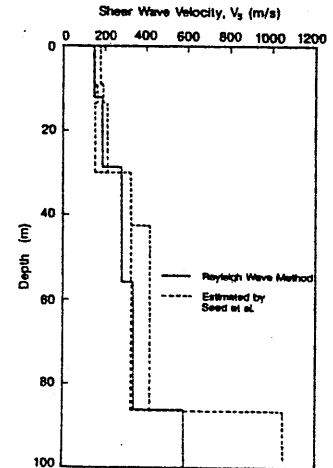


図-5 トレジャー島のS波速度構造

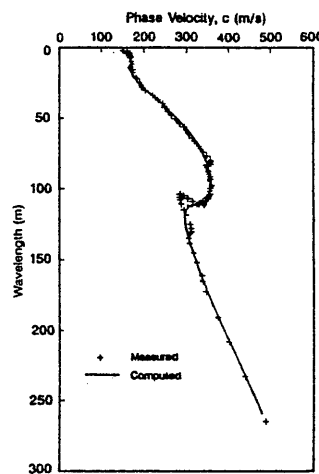


図-6 マリナー地区の分散曲線

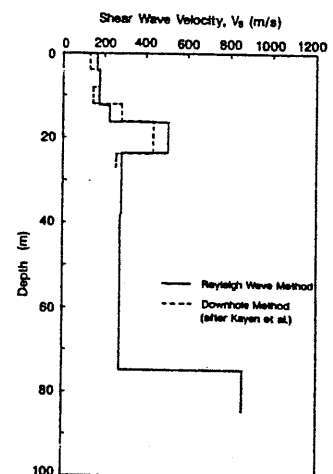


図-7 マリナー地区のS波速度構造

\*1)東京工業大学助教授・工博 \*2)同大学院生 \*3)㈱武智工務所 \*4)㈱東京ソイルリサーチ