

レーリー波探査に基づくロマプリータ地震調査(その1)

正会員 ○桑山晋一¹⁾ 同 出村修次²⁾
同 能村商栄²⁾ 同 時松孝次³⁾

1. はじめに

昨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。とりわけ、軟弱地盤の増幅特性と液状化が被害に密接に関連している様に思われる。これらの効果を定量的に把握するためには、S波速度構造を含めた地盤調査が必要不可欠となる。そこで、筆者らは地表面の調査だけで簡便にS波速度構造の同定が可能なレーリー波探査を用いて、サンフランシスコ市周辺で地盤調査を行なった。今回はその第一報として、マリナーナ地区の調査速報と調査結果に基づく若干の考察を行なう。

2. 測定方法

従来のレーリー波探査は起振機を用いて¹⁾行なってきたが、今回は装置の軽量化を計るため起振機を用いずに以下に示すランダム振動を使用した方法²⁾を用いた。まず、図-1の測定断面に示すように人力等によって発生したランダム振動を鉛直センサーで観測し、増幅後AD変換してコンピュータに取りこむ。次に測定波形のスペクトル解析から各周波数fにおける位相速度cを求め、さらに $c = f \cdot \lambda$ の関係から位相速度cと波長λの関係を得る。なお探査深度によってセンサー間距離を変化させた。また得られた測定分散曲線に対し弾性波動論に基づく逆解析¹⁾を行なってS波速度構造を算定した。

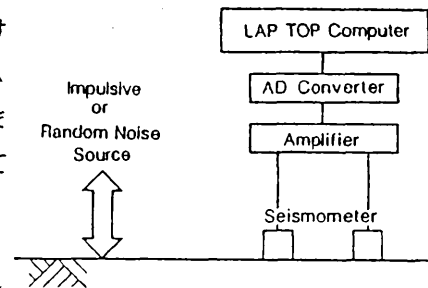


図-1 レーリー波探査測定断面

3. 調査概要

図-2は、マリナーナ地区の被害地図³⁾で図中の実線は1869年の海岸線を示している。倒壊家屋は図中■印で示され、1869年以降の埋立地域に集中している。これらの地点から東西方向に離れていくに従って家屋の被害は少なくなっている。また、1896年以降に埋立てられた地域全域で液状化によるライフラインの被害が報告されている³⁾。測定地点は倒壊家屋の多かった地域を横切る格好で図に★印で示すように配置し、西から東に向かってNo.1~No.5とした。調査は3月下旬~4月上旬に行ない、5点の測定に延べ1日程度を要した。

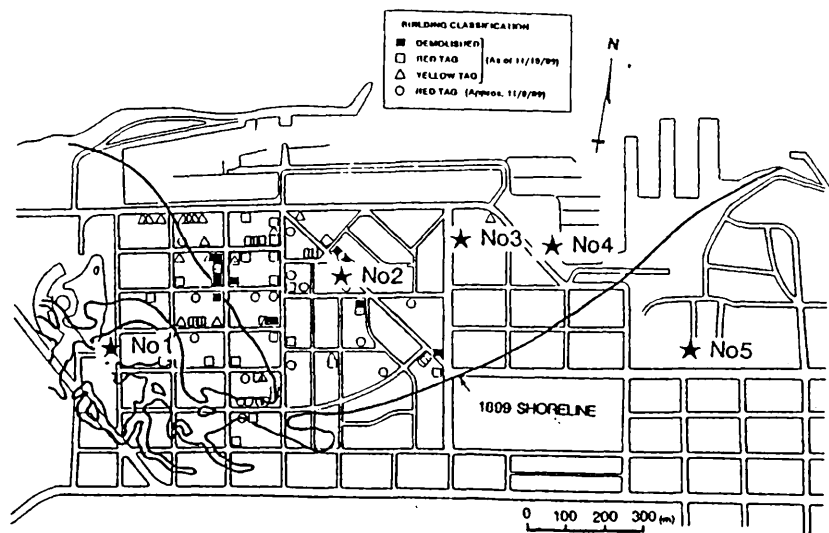


図-2 マリナーナ地区被害地図

4. 調査結果

図-3はレーリー波探査例として調査地点No.4の分散曲線を示し

たものである。図中の点は測定された位相速度と波長の関係で、実線は逆解析によって得られた層構造（図-4）に対する理論分散曲線である。同様の解析を全ての測定地点について行ない、S波速度断面を算出し図-5に示す。なお今回は全て3層ないし4層構造を仮定している。図よりS波速度が100、200、300m/s前後の層をそれぞれ破線、一点鎖線で区別できる。図-2, 5の比較よりS波速度300m/sの表われる層が深い地点で木造家屋倒壊率が高い傾向のあることが分かる。この傾向をもう少し詳しくみる目的で、S波速度が300m/s前後の層と地表との間の増幅率が最大値をとる周期を計算し、図中の測定位置名の下に記してある。この増幅率が最大となる周期は倒壊家屋の多かったNo.2では約1秒、倒壊家屋のなかった地域では0.5秒以下になっている。以上の結果と倒壊家屋の多くが木造3~4階であったことを考慮すれば、家屋の倒壊と地盤振動の周期が関係している可能性が高い。また、図-3の破線で示すように埋立砂層はS波速度100m/s前後で最大10m程度あることが分かる。地下水位が2~3m前後であることを考え合せると、このような砂層は地表面最大加速度150gal程度で液状化する⁴⁾と考えられ、埋立地全域で見られるライフラインの液状化被害が図-3のS波速度断面からある程度説明できよう。

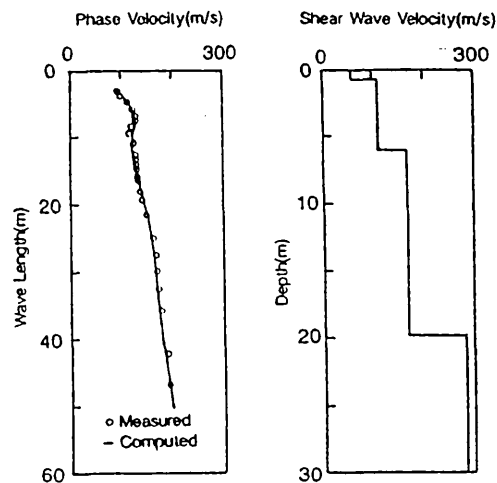


図-3 分散曲線 図-4 S波速度断面

5. あとがき

ロマブリータ地震被害調査に関連して行なったマリーナ地区のレーリー波探査結果を速報し、その被害との対応について若干の考察を行なった。今後さらに種々の検討を加える必要があるものの、簡便なレーリー波探査より算定したS波速度断面から地盤災害状況にある程度説明できる可能性が示された。

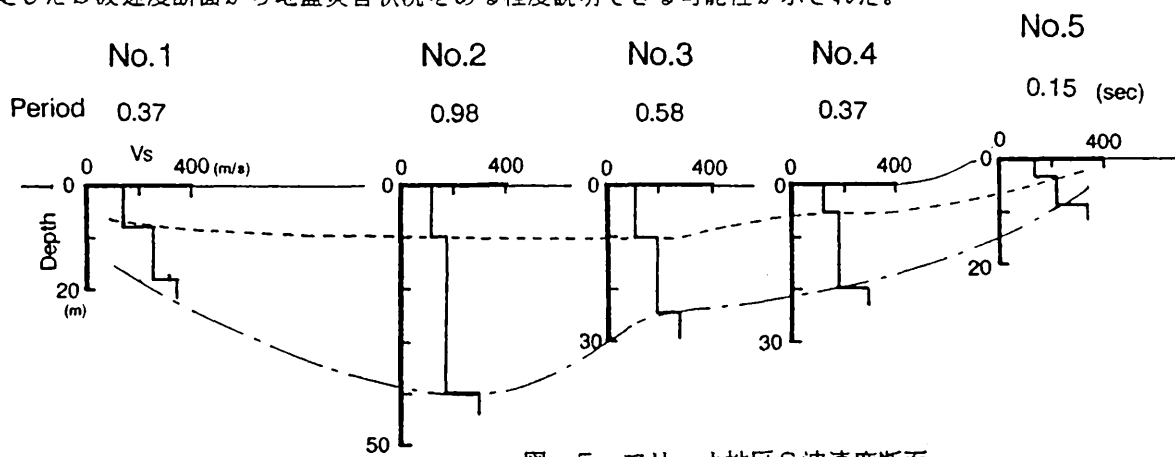


図-5 マリーナ地区S波速度断面

参考文献

- 1)時松孝次、桑山晋一(1990):レーリー波探査を用いた簡便な液状化危険度予測システム、土と基礎 Vol.38 No. 6.
- 2)Stokoe,K.H. II and Nazarian,S.(1978): "In situ shear wave velocity from spectral analysis of Surface Waves," Eighth World Conference on Earthquake Engineering, Vol.III, pp.31-38.
- 3)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
- 4)Tokimatsu, K. and Uchida, A.(1990):"Correlation between liquefaction resistance and shear wave velocity," Soils and Foundations, Vol. 30, No. 2.

*1)東京工業大学研究生 *2)同大学院生 *3)同助教授・工博