

微動観測から推定したアダパザル・ギョルジュクの地盤特性

正会員 新井 洋^{*1} 正会員 久保哲夫^{*2}
 会員外 大熊裕輝^{*1} 正会員 山崎文雄^{*3}
 正会員 日比野浩^{*1}

1. はじめに

1999年トルコ・コジャエリ地震において甚大な被害を受けたアダパザルやギョルジュクでは、その被害様相に局所的差異が認められる^{1), 2)}。アダパザルでは、地盤の液状化とそれに伴う建物の沈下・傾斜などが顕著であったが、これは幅数百メートルの環状の地域に集中している(図-1)¹⁾。ギョルジュクでは、アタチュルク大通りを境に南側(山側)と北側(海側)で建物倒壊率が大きく異なっている(図-2)²⁾。このことから、地表での地震動特性に局所的差異のあったことが推察され、その原因の一つとして地盤特性の影響が考えられる。そこで筆者らは、アダパザル・ギョルジュクにおいて微動観測を行い、そのH/Vスペクトル³⁾に基づいて地盤特性の把握を試みた。本報ではその結果を報告する。

2. 微動の移動1点観測

微動の移動1点観測を、アダパザルでは図-1に示す5地点(A01-A05)で、ギョルジュクでは図-2に示す5地点(G01-G05)で行った。このうち、観測点A01, G01, G02は丘陵地に、それ以外は低地に位置している。微動計は、固有周期1秒の3成分(鉛直および水平直交2成分)速度計を用いた。観測波形は増幅後、サンプリング周波数100HzでA/D変

換し、ノートパソコンに記録した。記録波形が定常性を保っていると考えられる区間を選び、1成分につき20.48秒のデータを10個作成して以後の検討に用いた。

3. 微動のH/Vスペクトルに基づく地盤特性評価

各観測点で得られた微動データから、時松・宮寺⁴⁾と同様の方法でH/Vスペクトルを求めた。以下に、アダパザル・ギョルジュク各地域で得られた微動H/Vスペクトルの特性と、これから推定される地盤特性について述べる。

3.1 アダパザル

図-3にA01-A05で得られた微動のH/Vスペクトルを示す。図-3(a)から、丘陵地に位置する観測点A01では、H/Vスペクトルに明瞭なピークは認められず、基盤岩がほぼ露出していることが示唆される。この基盤岩のS波速度は近傍での微動アレイ観測結果²⁾から1km/s程度以上と推察される。一方、

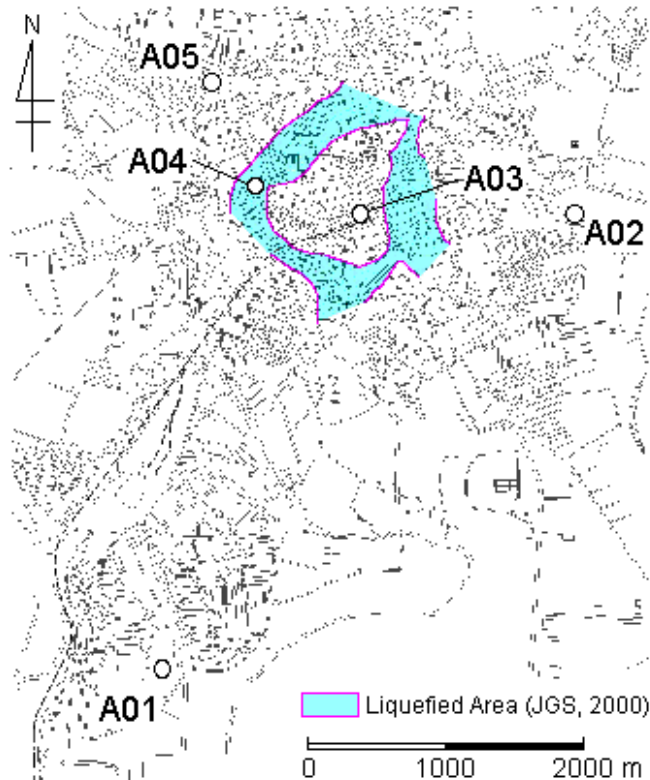


図-1 アダパザルでの液状化地域¹⁾および微動観測点

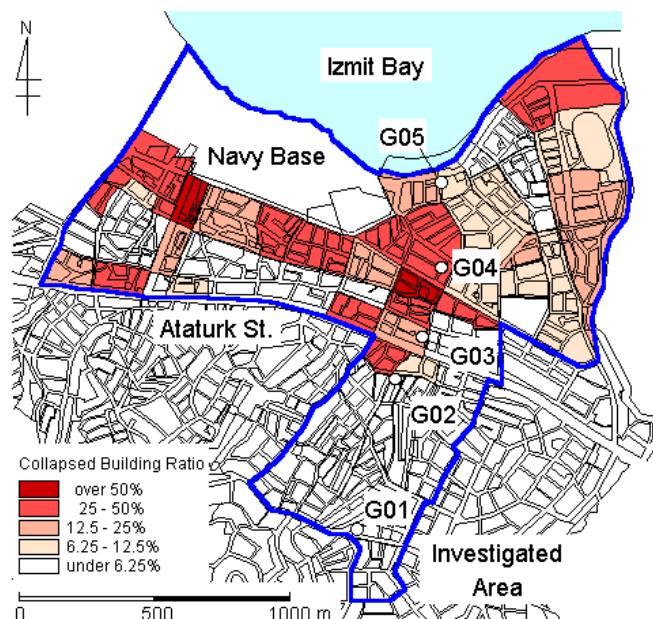


図-2 ギョルジュクでの建物被害分布²⁾および微動観測点

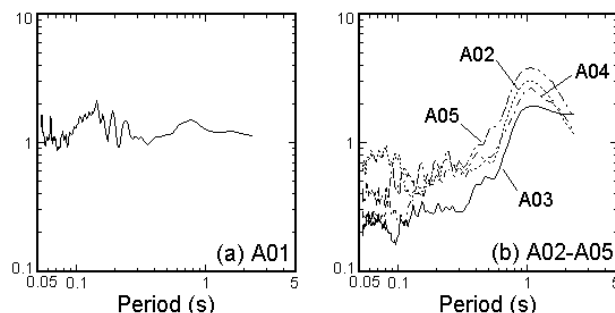


図-3 A01-A05での微動H/Vスペクトル(アダパザル)

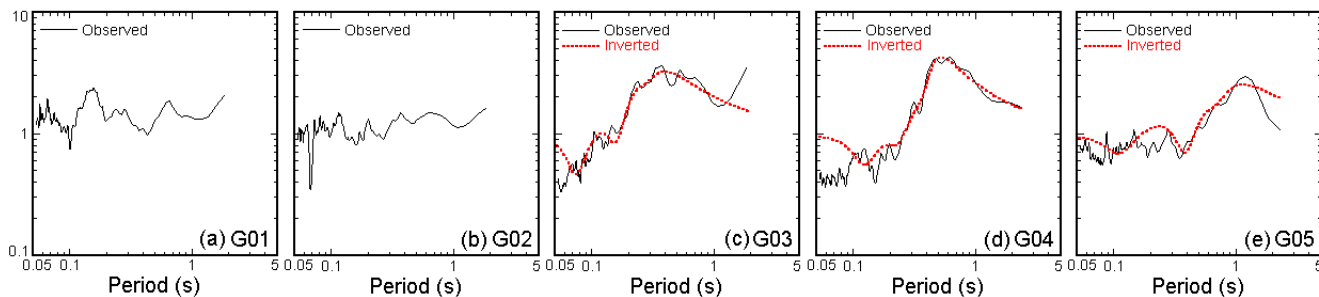


図-4 G01-G05での微動およびレイリー波H/Vスペクトル(ギョルジュク)

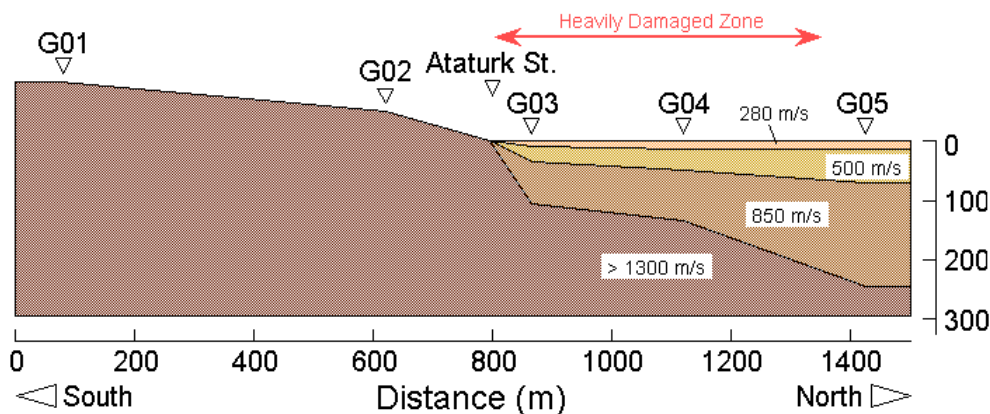


図-5 ギョルジュク測線に沿う推定S波速度構造断面

A02-A05のH/Vスペクトルには周期1秒程度に比較的明瞭なピークが認められる(図-3(b))。このことは、A02-A05近傍では基盤が堆積層に被われていること、すなわち観測点A01から市街地(A02-A05)の間で地盤構造が変化していることを示している。また、A02-A05のH/Vスペクトルの周期特性に顕著な差異は認められない(図-3(b))ことから、A02-A05近傍すなわち表層地盤の液状化地域(図-1)¹⁾近傍では、直下の基盤深度がほぼ一様であることが示唆される。

3.2 ギョルジュク

図-4にG01-G05で得られた微動のH/Vスペクトルを実線で示す。図から、アタチュルク大通りより山側の観測点G01, G02ではH/Vスペクトルに明瞭なピークは認められない。一方、G03-G05では周期0.4-1.2秒程度に比較的明瞭なピークが認められ、海側ほどその周期が長くなっている。

ギョルジュクでは、Navy Base(図-2)近傍において、微動のアレイ観測に基づいて地盤のS波速度構造が推定されている²⁾。そこで、この推定結果を参考にG03-G05の地盤を4層にモデル化し、観測H/Vスペクトルをレイリー波のものと考え、逆解析⁵⁾を行ってS波速度構造を推定した。この際、各層のS波速度はアレイ観測結果²⁾を参考に固定し、層厚のみをパラメータとした。なお、同様の試みは既報⁶⁾でも行われているが、ここでは仮定するS波速度の値を変更している。

図-5に、G03-G05で推定された地盤構造、G01, G02でのH/Vスペクトルおよび地表地形に基づく、測線に沿うS波速度構造断面を示す。図-4(c)-(e)の破線はG03-G05での推定地盤構造に対応するレイリー波の理論H/Vスペクトルである。図-4より、各点とも理論H/Vスペクトルは観測微動のそれ

と良く適合しており、その適合度合いは既報での結果⁶⁾よりも改善されている。図-5から、推定された基盤($V_s > 1.3\text{km/s}$ 程度)は、アタチュルク大通り以南の山側では露頭しているが、それ以北では堆積層に被われ深くなり、海岸付近では深度250m程度に現れる。この推定基盤深度はNavy Baseでのそれ²⁾と矛盾しない。また、各層厚の推定誤差⁵⁾は推定値の1割程度以下であり、比較的小さいことを確認している。以上の結果は、推定されたS波速度構造の妥当性を示している。なお、建物被害の集中域は堆積地盤上に位置している(図-5)ことから、この地域の堆積地盤構造が地表での地震動特性および建物被害分布に影響を与えた可能性も示唆される。

4. まとめ

アダパザル・ギョルジュクにおいて微動観測を行い、そのH/Vスペクトルに基づいて地盤特性を推定した。その結果、アダパザルでは、観測点A01から市街地の間では地盤構造が変化しているが、市街地の液状化地域近傍では直下の基盤深度がほぼ一様であることが示唆された。また、ギョルジュクでは、南北測線に沿うS波速度構造断面を推定し、建物被害集中域が堆積地盤上に位置していることを示した。

《参考文献》1) 地盤工学会：1999年トルコ・コジャエリ地震調査報告書、CD-ROM, 2000. 2) AIJ Reconnaissance Team (Kabeyasawa *et al.*): Progress report on damage investigation after Kocaeli Earthquake by Architectural Institute of Japan, Proc., ITU-IAHS Int. Conf. on the Kocaeli Earthquake 17 August 1999, 239-270, 1999. 3) 中村, 上野：地表面震動の上下成分と水平成分を利用した表層地盤特性推定の試み, 7th JIEES, 265-270, 1986. 4) 時松, 宮寺：短周期微動に含まれるレイリー波の特性と地盤構造の関係, AIJ 構造系論文報告集, 439, 81-87, 1992. 5) 新井, 時松：微動H/Vスペクトルの逆解析による地盤のS波速度構造推定, AIJ 大会学術講演梗概集, 構造, 243-244, 1998. 6) 大熊ほか：ギョルジュク(トルコ)の微動特性, 第9回地域安全学会梗概集, 230-231, 1999.

*1 理化学研究所 地震防災応用研究センター
*2 理研地震防災 / 名古屋工業大学工学部
*3 理研地震防災 / 東京大学生産技術研究所

Earthquake Disaster Mitigation Research Center, RIKEN
EDM, RIKEN / Nagoya Inst. of Tech.
EDM, RIKEN / Inst. Industrial Sci., Univ. of Tokyo