

I-310 厚い堆積地盤の地震動観測

電力中央研究所(正) 当麻純一
 電力中央研究所 矢島 浩
 電力中央研究所(正) 岩楯敏広
 東京電力 (正) 安田 登

1. はじめに

本研究は、地下水位の比較的高い礫質地盤上に大型構造物を構築する場合に必要な地盤の地震時安定性評価法を検証することを最終目標としている。この目的のためには、地盤の強震時挙動を地震観測によって把握することが不可欠である。筆者らは、種々の地盤条件のうち、平坦ではあるが厚い堆積地盤、および基盤が傾斜した不整形地盤などを観測サイトに選び、地盤の強震観測を実施中である。本報は、このうち厚い堆積地盤の観測の経過を述べるものである。

2. 観測体制

関東平野北部の太平洋沿岸で地下-500mまでを対象とした観測サイトを選定した。ボーリング調査によれば、ごく浅い部分(G.L.-16m~G.L.-18m)に密な砂礫層($V_s=600\text{m/s}$)が存在し、それ以深は細砂層(V_s は 300m/s 以上で深さとともに漸増)が続き、最深部では新第三紀の堆積軟岩(V_s は約 650m/s)に達している。反射法による物理探査の結果などから、このサイトの地下構造は、広い範囲にわたってほぼ平坦な成層地盤からなっていることが確認された。一連の物理探査、貫入試験、密度検層、試料採取などを行った後に、ボーリング孔内での鉛直アレイによる強震観測に入った。地盤の速度構造と地震計の埋設深さを図-1に示す。地震計は、G1、G2、G9が3成分で、他は水平2成分である。この他に、表層の非線形挙動を計測するために、間隙水圧計6個とせん断ひずみ計5個を地表面から地下-50mの間に埋設した。

3. 観測結果

観測開始(1988/12)から1990/11までの2ヶ年に25個の地震を記録した。これらのうち、地表面の水平加速度が最も大きかったのは、1989/8/26の茨城県沖を震源とする地震($M=5.1, \Delta=43.2\text{km}$)で、地表最大加速度は 114Gal であった。強震時の地盤安定性を評価するにはまだ不十分であり、観測は引き続き行っている。図-2は、上記の25個の記録に基づいて、最大加速度の増幅率の深さ方向分布を示したものである。ここでは、最深部(G1)の最大加速度を基準(1.0)としている。図中、破線は記録の平均値を通る線であり、記録の標準偏差($\pm\sigma$)も示した。これによると、最大加速度の増幅は地表の

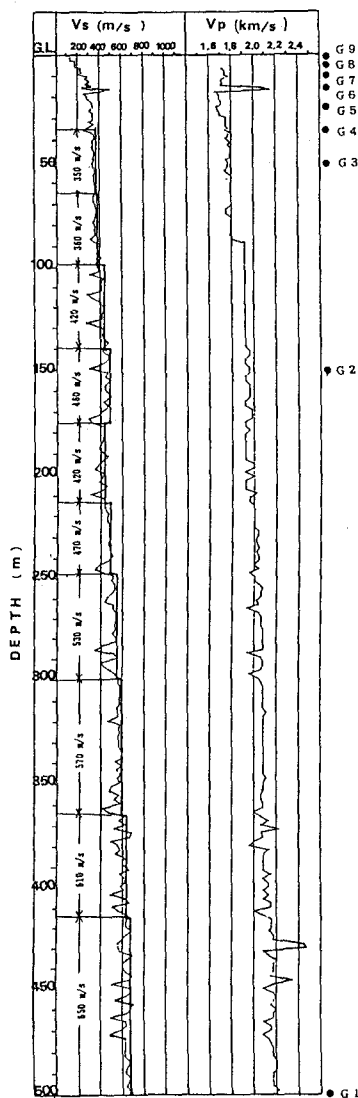


Fig.1 PS logging data and seismometers

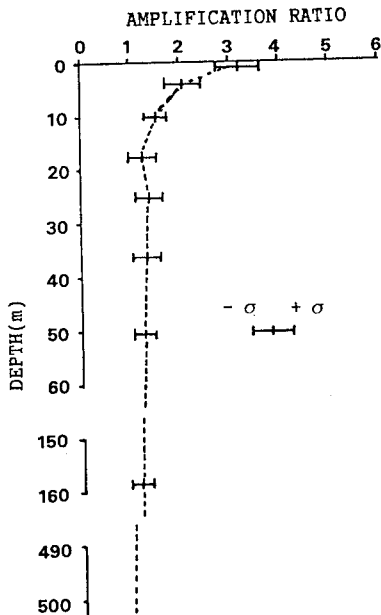


Fig.2 Amplification ratio distribution

ごく浅い部分でのみ顕著である。すなわち、地下-500mから地下-10m付近までは、正側のばらつきをみても2倍までは達していないが、地表面付近では4倍近くに達している。その理由としては、前述の砂礫層より上部の軟弱な表層が地震動に共振したためと考えられる。

つぎに、図-3は地震動のフーリエスペクトル比($G9/G3$)を示したものであり、25個の記録について、水平2方向のそれぞれについての平均値である。これによると、1次よりも2次の増幅が大きいが特徴的であり、3次以上の高次において増幅倍率はほぼ一定となっている。重複反射理論によると、地盤の減衰定数を周波数に依存させない場合には、1次の増幅が卓越することが多く、高次では低減する傾向があるが、本サイトの増幅特性はこれとは異なっている。したがって、本サイトの増幅特性を、成層地盤の重複反射理論で説明する場合には、減衰定数に何らかの周波数依存性を仮定する必要がある。現在までの若干の検討によれば、周波数に反比例する減衰定数を設定すると現象をうまく説明できるようである。この場合、地下-50mより上層の地盤の卓越周波数(1.65Hz)に対して、モード減衰定数を5~15%の範囲で仮定すると、1次の増幅率が観測結果と近くなった。図-4は最深部と地下-50mとの記録のフーリエスペクトル比($G3/G1$)を示したものである。この場合は、先の図-3と比較して増幅率が小さく、しかも特に卓越した周波数は現れず、平均的には図中に破線で示すように約1.5倍の増幅となっている。図-4におけるスペクトル比の凹凸は、もちろん上層の増幅特性に対応するものであり、これは図-3との比較から確認できる。

4. 結論

500mから成る厚い堆積地盤の強震観測を行った。その結果、現在までに中小の地震に対しての地盤の増幅特性を明らかにした。特徴として、地下-10数mから地表面までの増幅が顕著なこと、および減衰定数を周波数依存とした重複反射理論で増幅特性をある程度説明可能であることを述べた。

5. 謝辞

本研究は電力共通研究「礫質地盤の地震観測による安定性評価法の研究」として実施している研究の成果の一部であり、関係各位に謝意を表します。

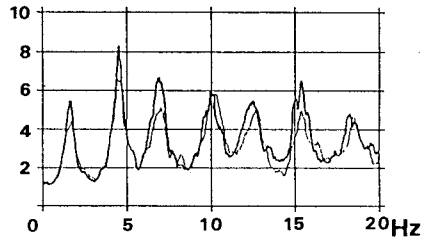


Fig.3 Transfer functions between $G9(-1.0m)$ and $G3(-50.3m)$

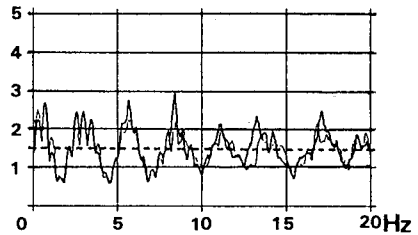


Fig.4 Transfer functions between $G3(-50.3m)$ and $G1(-502.0m)$