

(株) 応用地質調査事務所

正員 ○ 兼森 孝

正員 殿内 啓司

田中 章夫

1. まえがき

地震時における地盤及び構造物の挙動を解析的に予測し、適切な耐震設計を行なうにあたって、地盤の動的性質を明らかにする事は極めて重要な事である。なかでも、土の剛性率あるいはS波速度と減衰定数は、地盤の動的応答特性を把握するために不可欠な物性値といえよう。さて、これらの地盤定数を得るために各種の測定、試験が行なわれているが、これらは大別すれば、室内試験と原位置測定に分けられよう。室内試験においては、振動三軸試験、共振法試験等により、種々な条件下での動的剛性率や減衰定数が求められ、これらの歪による依存性が調べられている。一方、原位置測定においては、PS検層の広範な普及により、S波速度は全国各地において測定が実施され、多くの測定データが蓄積されてきている。しかしながら、今一つの減衰定数については、原位置での実測例は極めて少ないのが現状である。この様な背景のもとに、筆者らはPS検層のS波記録を用いて原位置での減衰定数の測定を試み、これを土木学会第15回地震工学研究発表会において報告した。今回は、当社浦和研究所構内の実験井で、PS検層及び最近、狐崎、小倉等によって開発されたサスペンションS波検層を実施し、両者のS波記録を用いて減衰定数を求めたので、その結果について報告する。又、同測定孔でサンプリングした試料を用いて振動三軸試験を実施し、得られた減衰定数を、原位置での測定結果と比較した。

2. 測定方法

図-1に、PS検層の減衰定数測定方法を示す。基本的には通常のPS検層と変わらないが、板叩き振源の振源エネルギーを基準化するために地表に固定の測定点が設けられている。

図-2は、サスペンションS波検層システムの概要である。同システムでは、ゾンデを孔壁には固着せず、浮遊した状態で測定を行なう。ゾンデには、電磁コイルにパルス電流を瞬間的に流す事によって振源体を作動させる振源と、1m間隔で配置された2つの浮遊型受振器が組み込まれており、同一振源からのS波を同時観測できるシステムとなっている。

3. 解析方法

PS検層における減衰定数の解析は、図-1に示す様に、まず2つの深度の記録を用いて、2点間の減衰係数 $\alpha(f)$ を求める。

$$\alpha(f) = \frac{\ln \left\{ \frac{R_1(B_1(f)/A_1(f))}{R_2(B_2(f)/A_2(f))} \right\}}{R_2 - R_1} \quad (1)$$

ただし、 f は周波数、 R は振源と観測点間の距離、 $A(f)$ 、 $B(f)$ は、それぞれ地表と地中で得られた記録をフーリエ変換したものである。

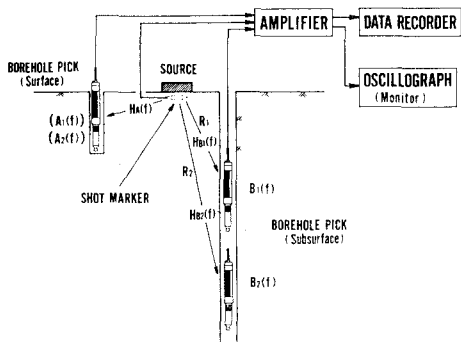


図-1 PS検層測定系統図

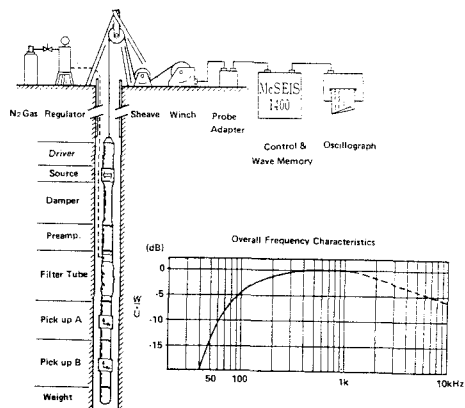


図-2 サスペンションS波検層測定系統図

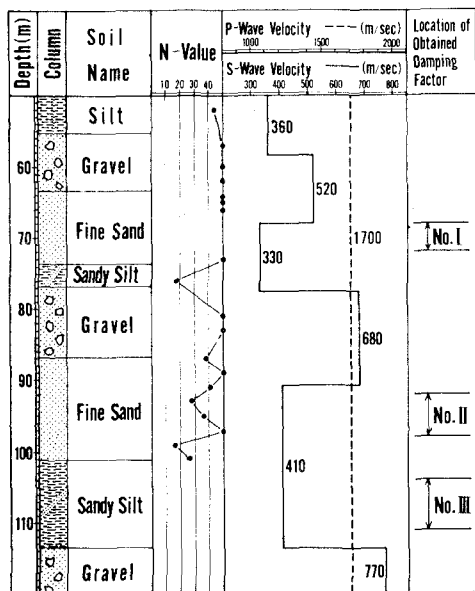
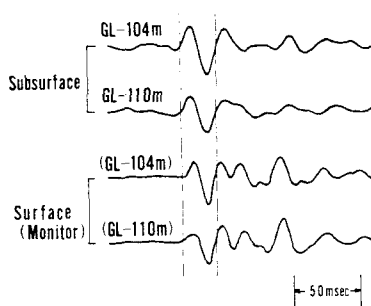
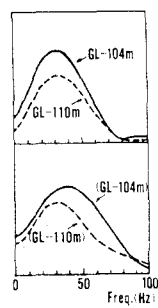


図-3 測定孔の総合柱状図

PS-Logging



Fourier Spectra



Suspension S-Wave Logging

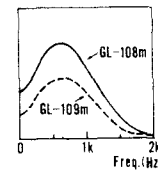


図-4 解析に用いた波形とフーリエスペクトルの例

減衰定数 α は、(1)式の $\alpha(f)$ より波動の位相速度 C を用いて次の様に求まる。

$$\alpha = C \cdot \alpha(f) / 2\pi f \quad (2)$$

サスペンションS波検層においては、同一振源からのS波を2点で同時に観測する事から、(1)式において、 $A(f)$ が消去され、より簡単な式となる。

4. 結果

図-3に判定孔の柱状図の一部を示す。このうちここでは媒質が比較的一様と思われる深度70m付近の細砂層、95m付近の細砂層、110m付近の砂質シルト層において、減衰定数の解析を行なった。図-4に、解析に用いた波形とそのフーリエスペクトルの一例を示す。フーリエスペクトルは、同図中の一点鎖線で区切った一周期の区間について求めたもので、減衰定数はこのピーク周波数について解析した。同図に示す様に、サスペンションS波検層の記録波形のピーク周波数は、PS検層の30Hzに比べて、600Hzとかなり高い周波数となっている。さて解析の結果得られた減衰定数は、No.I層においては、PS検層で1.6%、サスペンションS波検層で1.0%、No.III層においては、各々2.4%、2.0%、No.II層においては、サスペンションS波検層で2.4%となった。ところで、同判定孔ではサンプリングが行なわれており、この試料を用いて振動三軸試験を行ない、減衰定数を算出した。この結果と原位置での判定結果を比較したものを図-5に示す。同図に示す様に、両者は比較的良好な対応を示している様である。しかしながら、現状の原位置での判定方法には若干の問題があり、必ずしも最善の方法とはいえない。今後、新しい減衰定数判定システムを開発していきたいと考える。

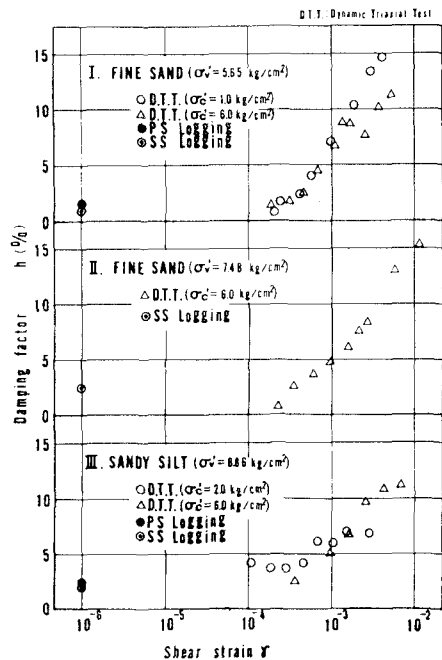


図-5 室内及び原位置で得られた減衰定数