

注水時における砂層媒質に対する弾性波高周波成分の透過実験

#中山雅之¹・川方裕則¹・平野史朗¹・土井一生²・高橋直樹³

1. 立命館大学, 2. 京都大学防災研究所, 3. 三井住友建設(株)

斜面崩壊や地すべり活動を活発化させる主な要因の1つとして、地下水が挙げられる。現在、地下水の挙動を調べる方法として土中水分計測などが行われているが、このような計測から得られる情報は局所的な情報であり、地下水による斜面状態の変化を包括的に捉えるためには、対象とする斜面全体を網羅する広域的なモニタリング手法が期待される。媒質を伝播する弾性波速度や振幅は媒質の状態変化により変化することから、弾性波を用いることで地下水による斜面状態の変化を捉えられる可能性がある。

昨年の研究集会では、矩形波を用い深さの異なる場所に複数の加速度計を埋設し、注水時における砂層媒質中を透過する弾性波の伝播特性の時空間変化を調べた実験について紹介した。水位の上昇にともない弾性波速度および振幅に変化が見られたが、加速度計の設置場所ごとの差異は見られなかった。これは、0.5 kHz以上の高周波成分が十分に検知できなかったためだと考えられる。本実験から透過弾性波速度がおよそ 200 m/s であると推定されたことから、0.5 kHzの波の波長はおよそ 400 mm と砂層媒質の大きさと同程度となり空間分解能が不十分であったことが分かった。本研究では、空間分解能を上げることを目的として、砂層媒質において弾性波の高周波成分を透過させることを試みた。

模型砂層媒質の概略図を図1に示す。空中落下法を用いて、アクリル容器内に珪砂6号(標準粒径 0.2~0.4 mm)からなる模型砂層媒質(乾燥密度 1.61 g/cm³)を作成した。媒質内には、弾性波送信用の加振器(Shaker)、加速度計、間隙水圧計および媒質の飽和具合を調べるための電極を埋設し、加速度信号を 51.2 ksps で連続収録した。今回は、加振器への入力信号として矩形波よりも高周波成分を強くすることができるスイープ信号(0.1-10 kHz)を採用し、500 ms 間隔で加振器に繰り返し供給した。砂層媒質作製後、ポーラスストーン製の底板から水道水を浸透させ、およそ1時間後に砂層媒質が水で飽和した。

間隙水圧および電極電圧の結果から、PW1、PW2、PW3、PW4の埋設場所付近はそれぞれおよそ 1000 s、2800 s、3000 s、3200 s で飽和した。

加振器に取り付けた加速度計(AC5)で収録された波形のランニング振幅スペクトルを調べたところ、砂層媒質が乾燥状態から飽和状態に推移する時間帯全てにおいて 10 kHz までのスイープ信号が確認された(図2左)。同様に、受信側の加速度計で収録された波形のランニング振幅スペクトルを調べたところ、AC2は波形が収録されておらず解析には使用できなかったが、その他の加速度計では全ての時間帯において少なくとも 5 kHz 程度までの信号を受信できていることが分かった(図2右)。5 kHzにおける透過弾性波の波長はおよそ 40 mm と砂層媒質の大きさよりも1桁程度小さく、スイープ信号を採用することで十分な空間分解能が得られることが分かった。さらに、AC5

で収録された波形のランニング振幅スペクトル比を調べたところ、どの時間帯においてもおおよそ 1.0 を取り、加振器はほぼ一定の波を放射していたことが分かった。他の加速度計においては AC5 とのランニング振幅スペクトル比を取ることで、加振器が放射する波に対する受信する波の振幅変化を調べた。その結果、ある時間までは高周波成分の振幅の減衰が見られ、さらに飽和に近づくにつれて高周波成分の振幅の回復が見られた。今後は、引き続き収録波形の解析を行い、水の影響による砂層媒質の状態変化と弾性波の伝播特性の変化との対応関係を明らかにしていく。

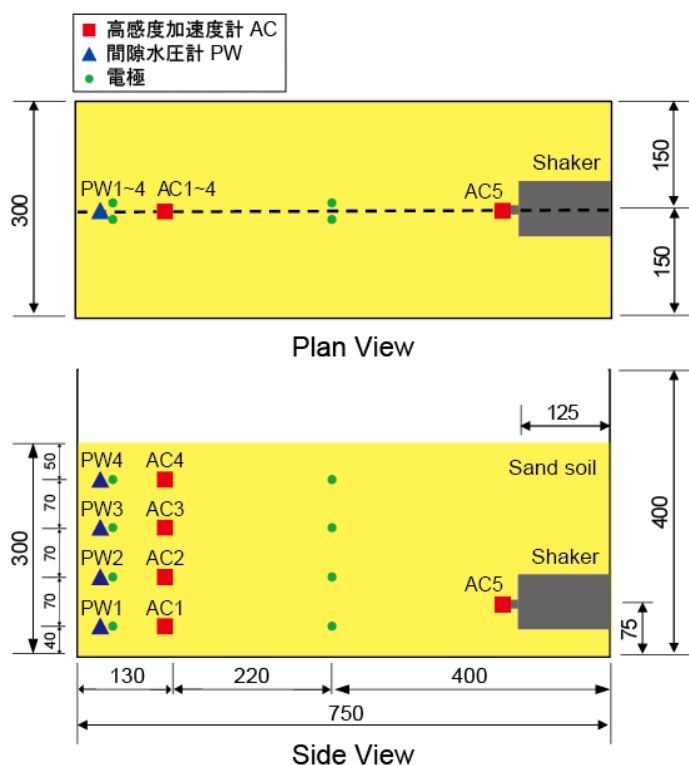


図 1 模型砂層媒質の概略図。スケールは mm.

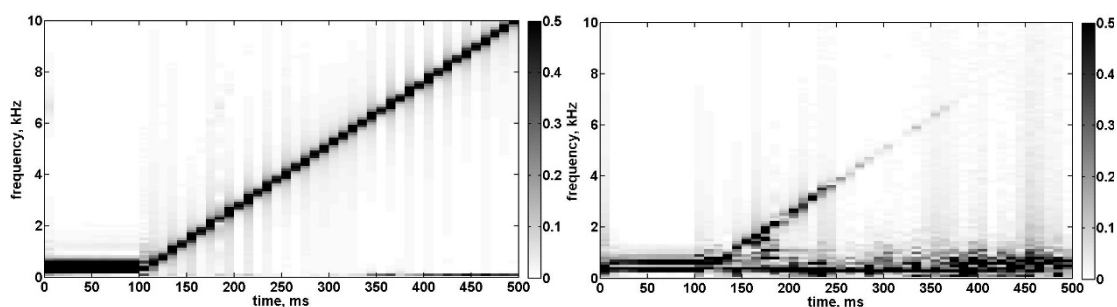


図 2 乾燥状態に収録されたスイープ信号のランニング振幅スペクトルの例。各時間帯におけるスペクトルに対して各々の最大振幅で規格化されている。