

音波による高飽和砂層中の空気量測定に関する実験的研究

岡山大学工学部 正員 名合 宏之
 岡山大学工学部 正員 前野 詩朗
 岡山大学大学院 学生員 ○曾根 照人
 住友建設(株) 正員 加藤 俊之

1. はじめに

著者らは、砂地盤の液状化現象が洪水時や波浪時に発生する変動水圧の作用により発生することを明らかにしている。また、この液状化に影響する最も重要な因子として地盤内にごくわずかに存在する空気の影響を挙げている。したがって、現地地盤における空気含有量を知ることは液状化予測あるいはその防止対策を設定する上で重要な課題である。しかし、未だに現地地盤内における空気含有量の測定方法は確立されていない。本研究は、一次元砂層模型および現地において音波の伝播計測を行い、音波の伝播速度と空気含有率との関係を明らかにしようとするものである。

2. 実験方法およびデータ処理方法

室内実験は、図1に示すような内径10cmの鉄管に豊浦標準砂を詰めた実験装置を用いて音響伝播実験を行った。音源と受信機2台設置し、音源より周波数2, 4, 5, 8kHzの正弦波を一波発生させ受信機により音波を受信し、デジタルレコーダにサンプリング周波数100kHzで記録した。また、コンプレッサーにより、空気タンク内の圧力を約9気圧まで上昇させ、圧力調整用のトランスマッパーにより水タンクの水面上に1~6気圧の空気圧を作成させ砂層内の空気含有率を変化させた実験を行った。空気含有率は、それぞれの実

験における加圧量と空気の圧縮量からボイルの法則を用いることにより算出した。また、茨城県波崎海岸及び同県鹿島港において現地実験をおこなった。ダイバーの協力を得て、直形1cm長さ3mの塩ビパイプを水中ジェットの噴射を利用して砂層表面下約2m沈める。その後、音源、受信機を砂層表面下1mの地点に固定し、室内実験と同様にして実験をおこなった。現地における砂層内の空気含有量を補助的に知るために、次のような実験を行う。まず水中内の砂層表面において、ビーカーを用いて砂をできる限り状態を乱さないようにすくい取る。この全質量を測った後、ポイントゲージで水面の高さを読む。ガスコンロにより、試料をかき混ぜながら煮沸を30分行い、砂層内の空気を追い出す。十分冷ました後、煮沸前の水面の高さまで水を入れその全質量を測る。このように、砂層内の空気の量を水で補い煮沸前後の質量差より、砂層中の空気含有率を求めた。室内実験及び現地実験における砂層中を伝播する音波の伝播速度は、データ列をスペクトル解析することにより得られる2台の受信機間の相互相関の最大値が発生する時間を時間遅れ τ とすることにより求めた。

3. 実験結果および考察

図2及び図3は、それぞれ室内および現地において計測したデータ列(50セット)の平均をプロットした音響伝播図の代表的な例である。現地における音響伝播図は、室内での音響伝播図と異なり、音波の波形が鮮明に現れている。これは、室内実験においては、十分な対処を施してはいるものの、台およびパイプからの伝播の影響があることを明らかにしている。図4は室内実験における砂層中の伝播速度と空気含有率との関係を示したものである。この図より、空気含有率が小さくなるにつれて、伝播速度は速くなる。また、周

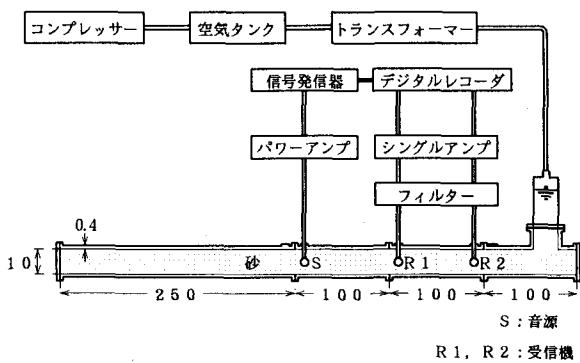


図1 実験装置 単位(cm)

波数における影響は、同一空気含有率では周波数が大きくなるにつれて伝播速度は速くなる傾向がある。しかし、空気含有率を小さくするために、圧力を大きく加えなければならない場合、伝播速度の変化へのこれらの量の影響はほとんど見られない。表1に現地における周波数ごとの伝播速度と空気含有率との関係を示す。現地での伝播速度は、1700m/s付近であり、室内実験の最高値でも1400m/sを越えないため現地での伝播速度は非常に速いことが解る。補助的に求めた空気含有率と伝播速度を比較してみると、空気含有率が小さくなるにつれて、伝播速度が速くなるといった室内実験での結果に必ずしも当てはまらない。これは、距離の測定誤差に起因があると考えられるが、空気含有率と伝播速度の関係をより把握するために、水圧および周波数の影響以上に砂層における構造骨格の体積弾性係数による影響が大きいようである。

以上のように、砂層中の音波の速度は砂層内の空気含有率に依存するとともに、構造骨格の弾性係数に大きく影響されると思われる。今後は、

表1 現地実験における空気含有率と伝播速度

砂層の構造骨格の弾性係数を十分把握することが必要であろう。

謝辞 本研究は、文部省科学研究費国際学術研究（共同研究）No. 04044121

（代表者：名合宏之）の一環として行われたことを付記する。

【参考文献】 Altan Turgut and Tokuo

Yamamoto : Measurements of acoustic wave velocities and attenuation in marine sediments, J. Acoust. Soc. Am., 87, pp.2376-2383, 1990.

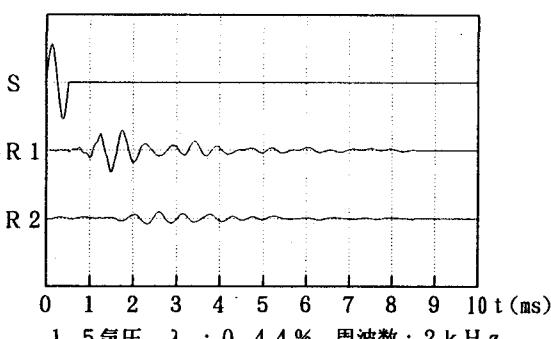


図2 室内実験における音響伝播図

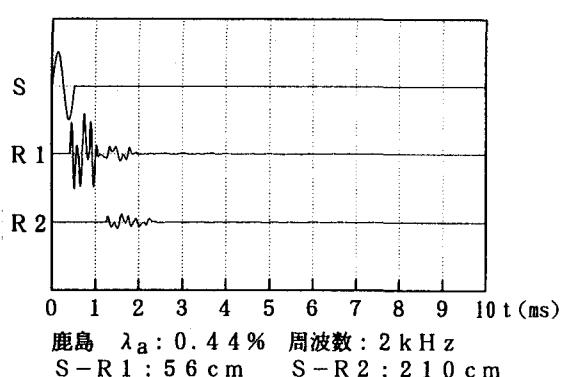


図3 現地実験における音響伝播図

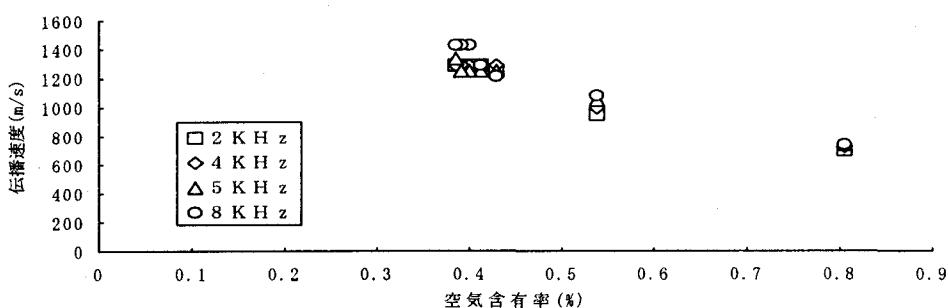


図4 室内実験における空気含有率と伝播速度