

(III - 6) 打撃により液状化した鉛直振動砂層地盤模型の過剰間隙水圧の消散について

新潟大学工学部 正員 大川 秀雄
 新潟大学工学部 正員 大熊 孝
 新潟大学大学院 学生員 石田 辰英

1. はじめに

砂層地盤の液状化後の過剰間隙水圧の変化や砂粒子相互の噛み合わせを考察することは、地震時の地盤挙動や動的な地盤強度を知るうえで重要である。そのため、従来は行われることの少なかった砂層を鉛直に加振する実験を行い検討を加えてきた。鉛直に加振する理由は、砂粒子の沈降や過剰間隙水圧の消散は基本的には上下方向の動きの現象であり、砂層を上下に加振することでそれらの現象が強調されて現れるであろうと考えたからである。しかし、地盤を上下に加振するだけでは液状化は起きない。そのため、一定の強さの打撃を模型地盤側面に加えて強制的に液状化を起こす実験を以前から行っている。今回は、繰り返し打撃を加えたときの過剰間隙水圧変化についての実験結果を報告する。

2. 実験方法

砂槽は、内径31cm、高さ60cmの亚克力製の円筒で、鉄枠で保持して疲労試験機に装着し、鉛直振動を加えた。用いた砂は、粒径0.2~0.4mmの均等な粒度を示し、 $G_s=2.76$ である。この砂を沈降堆積させて、円筒内に深さ40cmのゆる詰め砂層を作った。このとき、 $\gamma_{sat}=1.94 \text{ gf/cm}^3$ 、 $e=0.87$ 程度であった。

間隙水圧計は円筒の中心軸上で深さ30cmの位置に、加速度計は円筒底面に取り付けた。作用加速度波形は正弦波を目標とし、加えた加速度範囲は50~240galであり、振動数は5~40Hzとした。加振中に強制的に液状化を起こすため、円筒の下から20cmの壁面に、野球の硬球により一定の強さの打撃を加えた。間隙水圧が元に戻ったら打撃を再度加え、この手順を繰り返して、間隙水圧等の変化を調べた。

3. 実験結果および考察

(1) 過剰間隙水圧の消散

加速度振幅 α で鉛直振動している時、打撃によって瞬時に液状化すると、過剰間隙水圧 u は $(\gamma_{sat} - w) \times H$ となる。ただし、 H は深さ、 w は水の単位体積重量である。 u は時間とともに消散し、次のように示される。

$$u = a e^{-bt} \quad t: \text{時間}$$

α を一定に保って打撃を繰り返すと次のようになる。

①打撃の瞬間は $(\gamma_{sat} - w) H$ の過剰間隙水圧が常に生ずる。

②その消散は打撃ごとに早くなる。

つまり、 a は変化しないが、 b は打撃回数とともに大きくなる。図1は5Hzの場合であって、1, 2, 4, 8回の打撃のときの b を、種々の α に対してプロットしたものである。しかし、●印の8回目では右下がりとなっている。これは、 α の増加とともに u の消散が遅くなることを示していて興味深い。

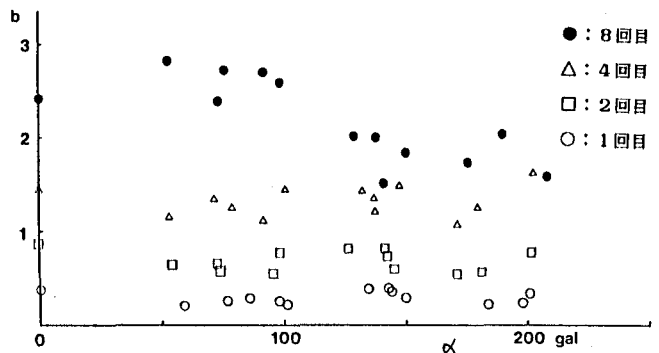


図1 過剰間隙水圧の消散と打撃回数

また、打撃の繰り返しによって砂層は徐々に締固まり、透水係数は小さくなる。従って打撃回数増加によって過剰間隙水圧の消散は遅くなるように思われる。しかし結果は逆であるから、液状化現象を砂粒子の沈降として捉える必要がある。

(2) 液状化部分の見かけの単位体積重量

液状化後の間隙水圧について考察する。砂層は、打撃の瞬間では γ_{sat} の液体と見なすことができ、このため間隙水圧は上昇する。この値が時間とともに小さくなって、最後に水の w となる。この途中段階では、砂粒子の一部は噛み合い、一部は水中に浮遊している。浮遊粒子と水とで単位体積重量 γ ($w < \gamma < \gamma_{sat}$)の液体があると見なすことができ、この時の間隙水圧は γH である。ところで、加速度振幅 α で鉛直振動しているため、間隙水圧も $\gamma H \alpha / G$ の振幅で振動する(ただし、 G は重力加速度)。しかし①過剰間隙水圧、すなわち、間隙水圧の全振幅の中心値より求めた γ_1 ②間隙水圧振幅より求めた γ_2 の二つの値は異なっている。図2 a, b, cは、いずれも10Hzの場合の1周期ごとの γ_2 / γ_1 の値の推移を示したものである。図中の各曲線は、打撃回数が1, 2, 4, 8のものであり、繰り返し回数増加とともに曲線は上へずれる。図aは打撃の繰り返しごとに α を順次大きくして行く場合(1回目で約50gal、8回目で約200gal) 図bは常に200gal程度に保った場合、図cは図aと逆に小さくして行く場合(1回目約200gal、8回目で約50gal)である。各曲線のまとまりは図a, b, cの順で悪くなるようである。

砂層は打撃回数増加とともに、砂層表面が沈下することから、徐々に締固まって行くものと考えられる。しかし、 α の与えかたによって、その締固まり具合に違いが生ずると推定される。

4. まとめ

砂層がゆるい状態では γ_2 / γ_1 が1.0に近いことより、粒子の沈降に着目すれば、現象の説明はつきそうである。しかし、少し密になってくると、それだけでは説明が難しいようである。今後の課題としたい。

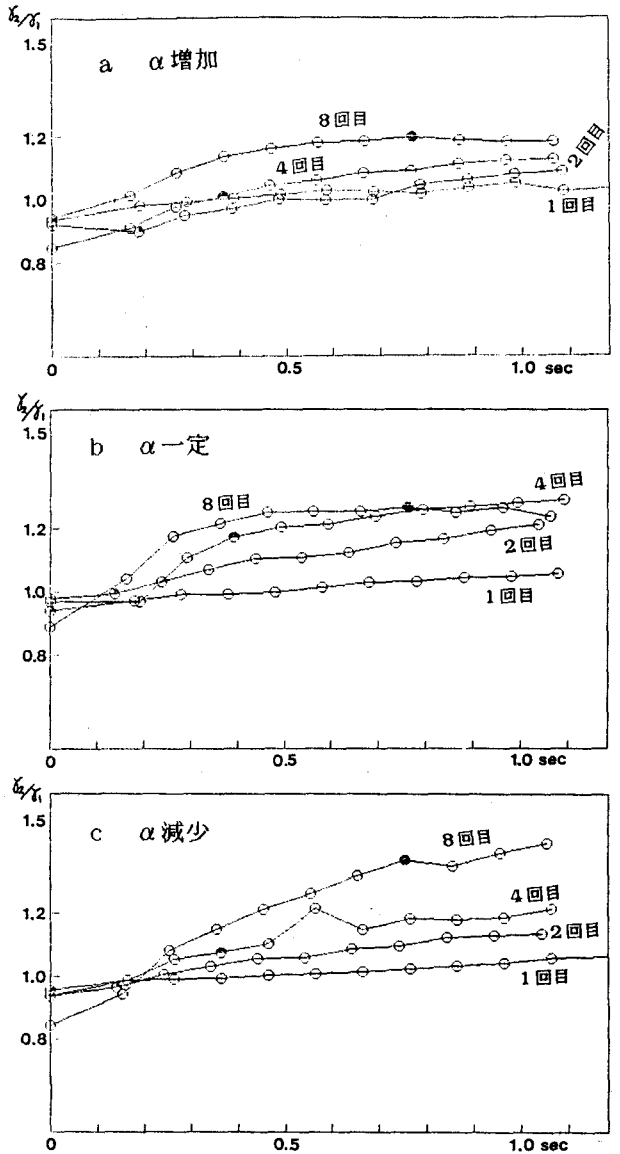


図2 γ_2 / γ_1 の変化