

東京用世調査事務所 正員 今野 政志
建設省土木研究所 正員 龍岡 文夫

1 まえがき

これまで、筆者らは、土の動的変形特性把握のため、主に共振法力価試験機および低周波動的セコン断試験機を用いて、土の剛性率 G 、減衰係数 γ を求めてきた。これに加え、さらに昭和51年からは、振動三軸試験機により地震時の液状化判定に適用すべき動的セコン断強度を把握する一段階として、各種の実験を試みている。今回は、液状化に達するまでの砂の剛性がどう変化するかについて調べた結果を報告する。

2. 実験方法および結果

実験は、豊浦標準砂($G_s=2.64$, $e_{max}=0.96$, $e_{min}=0.61$)を用いて、 $\phi 5\text{cm}$, $h=10\text{cm}$, $\phi 7.5\text{cm}$, $h=14\text{cm}$ の供試体2種類を作成し行なった。供試体は、有効拘束圧 $\sigma'_c = 1\text{kg/cm}^2$ ($\sigma'_v = 4\text{kg/cm}^2$, $\sigma'_{hp} = 3\text{kg/cm}^2$)とし、 $B \approx 0.25$ になるようにした。なお、載荷入力は、正弦波、周波数 0.5Hz とした。測定は、電磁オシログラフを用いて、軸荷重、向ゲキ水圧、大変位計およびセル内に設置された微小変位計の4種類について行なった。 $\sigma'_{hp}/\sigma'_c \sim N_e$ の関係を図-1に示す。なお、図に示されている σ'_{hp}/σ'_c は、実際に得られた相対密度 D_r を50%に修正して用いている。また、液状化回数 N_e の判定は、

- a). 初期液状化時 b). 軸ヒズミの面振りが2%時
c). 面振りが5%時 d). 面振りが10%時

の4方法により行なったが、実際には、液状化が発生すると、軸ヒズミは急激に増大するため、c), d). の判定は不可能であった。図-1に示すように、 $\phi 7.5\text{cm}$ の供試体に較べ $\phi 5.0\text{cm}$ の供試体では、データのバラツキが大きいものの、全般に直径の違いにより同一 N_e に対する σ'_{hp}/σ'_c の値に差が見られるようである。

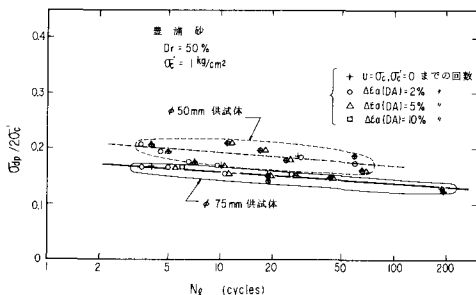


図-1 $\sigma'_{hp}/\sigma'_c \sim N_e$

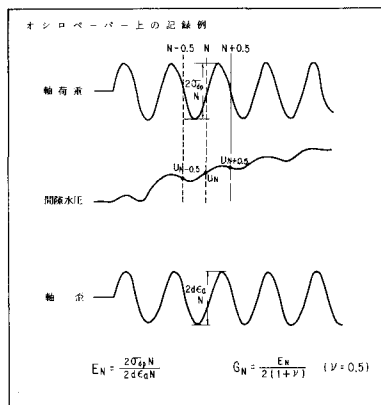


図-2 記録例

3. 剛性率、セコン断歪振りの算出

図-2に、実験結果のオシロベーパー上の記録例を示すが図のように、得られた記録から、各繰り返し回数に対する軸荷重、向ゲキ水圧、軸ヒズミを読み取り、剛性率 G 、セコン断歪振り γ を次式により求めた。なお、ポアソン比は、 $\nu = 0.5$ として行なった。

$$G = \frac{E}{2(1+\nu)} \quad (1) \quad \gamma = \frac{3}{2} \epsilon_a \quad (2)$$

結果から、 $G \sim \gamma$ の関係を図-3に示した。図のように、液状化が進行(図中矢印方向)するにつれて、すなわち、 γ が

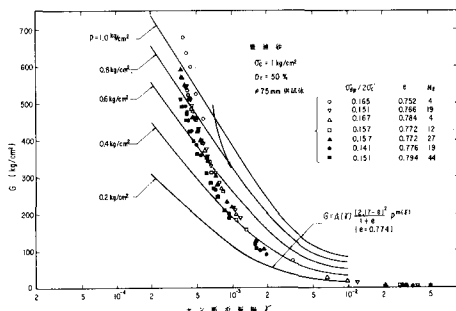


図-3 $G \sim \gamma$

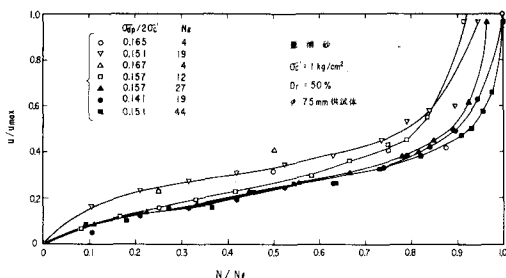


図-4 $U/U_{max} \sim N/N_s$

増大するにしたがって、著しいGの減少が見られ、 $\gamma > 2 \times 10^{-2}$ ほどのGは、 10 kg/cm^2 程度の小さな値を示す。また、液状化(ω)の判定面数)するまでの間ゲキ水圧(拘束圧)が、どのようにに変化するか調べたのが図-4とあり、 $U/U_{max} \sim N/N_s$ の関係を示した。図のように、用いた7個のデータには、多少のバラツキがあるが、傾向は類似している。すなわち、 $N/N_s < 0.8$ 位までは緩く上昇するが、それ以降急激な上昇が見られる。

4. 剛性率の比較

豊浦砂のセコ断定数は、これまでの中空供試体のねじり試験により、次式が得られている。

$$G = A(\gamma) \frac{(2.17 - e)^2}{(1 + e)} p m(\gamma) \quad (3)$$

なお、Pは平均有効主応力、 $A(\gamma)$ 、 $m(\gamma)$ は、図-5のように求められている。(3)式を用いてGを算出し、振動三軸より求めたGと比較した。すなわち、振動三軸より求めたγに対する $A(\gamma)$ 、 $m(\gamma)$ をそれぞれ読み取り(3)式に代入して求めたものである。結果は、図-6、7に45cm、φ75cmをそれぞれ示した。図のように、φ5cm などは、バラツキが多く、また、φ75cm などは、(3)式より求めたGがやや低い値を示すが、試験機の載荷機構等の違いを考慮すれば、相対的には良い相関を示していると思われる。また、(3)式より拘束圧Pが変化した場合のGを求め図-3に併記した。図のように、γの増大によるGの減少に加えて、Pの減少(間ゲキ水圧の上昇)に伴うGの減少があることが明らかである。

5. あとがき

振動三軸試験結果から、G、γを求めた一例とした。即ち、液状化してゆく過程での豊浦砂のGの値は、基本的に(3)式でもって表わしてよい事が判明した。実験にあたっては、土木研究所振動研究室室長の岩崎敏男氏、同研究室の皆様にも多大の御協力を得た。末筆ながら感謝の意を表します。

〈参考文献〉

岩崎、龍岡、高木 (1977) 「砂のセコ断定係数と減衰の歪依存性について」 日本国土工学学会発表

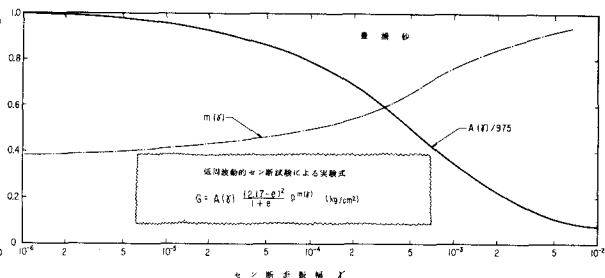


図-5 $A(\gamma), m(\gamma) \sim \gamma$

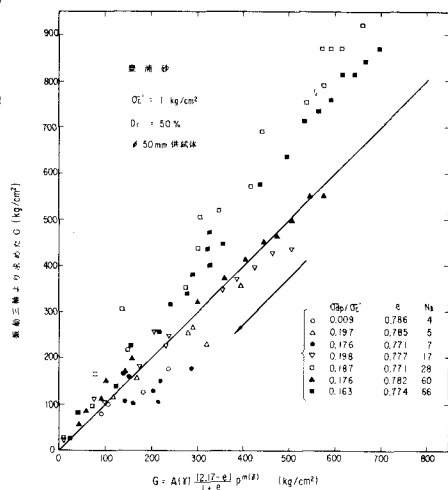


図-6 G の比較

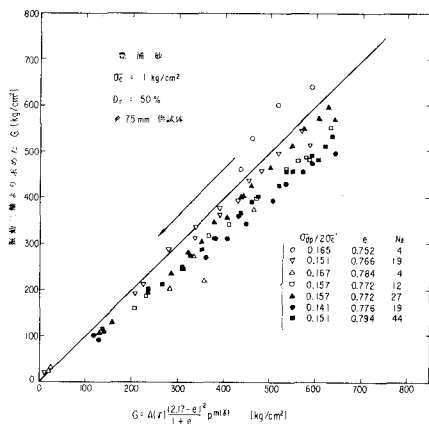


図-7 G の比較