

砂質土の剛性率に関する実験的考察(オ2報)

愛知工業大学 正員 ○奥村 哲夫
大根 義男

1. はじめに

地盤とか土質構造物などの地震応答を解析するためには、まず土の剛性率を明らかにしておく必要がある。最近の研究結果によると、砂質土の剛性率は主として、ヒズミ(γ)、有効拘束圧(σ'_m)、およそ間隙比(e)や粒度分布などに影響されることが報告されている。しかし、米糠世生成砂など、いわゆる乱れた試料を用いた室内測定値と現場における弾性波測定値との間にはかなりの差が認められている。このことは剛性率に対する影響要素は単に上記ばかりでなく、他に求めなければならないことを示唆するものと考えられる。本報告は剛性率に対する影響要素として、土粒子の骨格強度に着目し、振動三軸試験機を用い、不攪乱土と攪乱土に対し、くり返し試験を行ない、ヒズミレベル $\gamma = 5 \times 10^{-4} \sim 5 \times 10^{-3}$ の範囲で得られる剛性率について両者を比較検討したものである。

2. 試料、実験方法

試料は表-1に示すような物性を有する標準砂と7ヶ所の米糠世砂質土から採取した不攪乱土(No.1~No.7)である。実験はいずれも液状化試験と同じ方法であり、圧密非排水条件、サン波 $f=2\text{Hz}$ で行なった。初期拘束圧は、標準砂の場合、0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 kg/cm^2 、不攪乱土の場合、0.5, 1.0, 1.5 kg/cm^2 とした。また、不攪乱土に対しては完全飽和を期するため1.0 kg/cm^2 のバックプレッシャを与えた。なお、使用した試験機は180°の位相差で σ_1, σ_3 を独立して供試体に載荷可能な振動三軸試験機である。

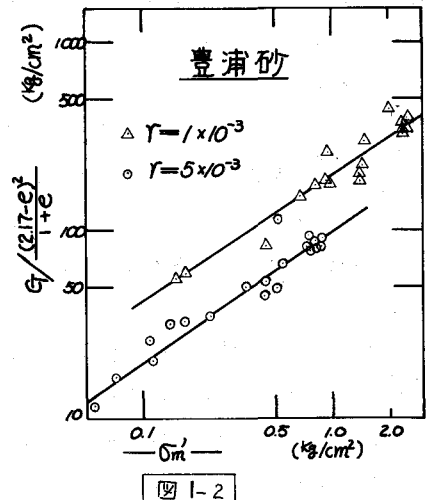
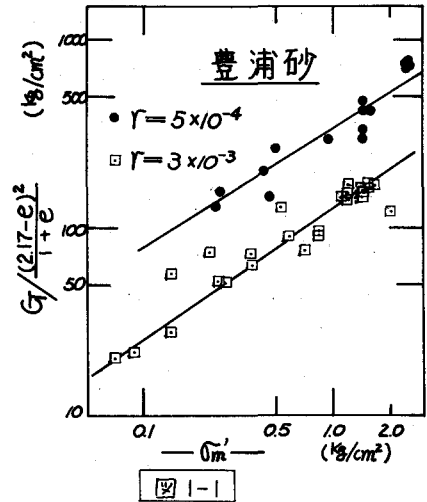
3. 結果および考察

龍岡らの報告によると、 G と e の間には γ に無関係で、 $f(e) = (2.17 - e^2)/(1 + e)$ が成り立ち、また G は、 $G = A(\gamma) \cdot B \cdot f(e) \cdot \sigma'_m{}^{m(\gamma)}$ として与えられることが示されている²⁾。ここで、 $A(\gamma)$, $m(\gamma)$ はヒズミにより定まり、 B は粒度分布に関する係数である。

まず、飽和砂がくり返しせん断を受け過剰間隙水圧の増大に伴い有効応力が減少し、ヒズミが増大する過程から求め得る G と、間隙水圧の発生を伴わない過程から求められる

表-1. 試料の性質

	標準砂	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6	No. 7
比重 G_s	2.640	2.681	2.663	2.657	2.672	2.790	2.688	2.750
74以下含有率 (%)	0.5	10.2	3.0	2.0	9.0	29.0	7.0	10.0
D_{50} (mm)	0.12	0.05	0.17	0.15	0.09	0.006	0.109	0.071
U_c	1.46	2.8	2.3	2.8	3.0	46.7	1.7	2.1
P_c (kg/cm^2)	—	1.90	1.28	3.25	4.10	3.4	2.1	5.1



G との比較を行なうため、標準砂について(1)式の関係から、 $G/e \sim \sigma'_m$ 関係を示したのが図-1、図-2である。なお、 G は1サイクル中の最大せん断応力 τ_{max} とせん断ヒズミ γ ($\gamma = (1+\nu)\epsilon_1$ 、圧密非排水条件: $\nu = 0.5$) の比から求めた。図-2の破線は建設省土木研究所で得られた低周波動的せん断試験による同一試料のデータである。これらの図から、 $\gamma = 5 \times 10^{-4}$ 、 1×10^{-3} では G の値にかなりの差がみられ本実験から得られる値は小さくなっている。また、破壊ヒズミ付近では拘束圧に対する G への影響の違いが顕著にあらわれている。本実験結果では多少のバラツキはあるが各 γ に対して G は次式で表わされる。

$$\begin{aligned} \gamma &= 5 \times 10^{-4} & G &= 340 \frac{(2.17-e)^2}{(1+e)} \sigma_m^{0.62} \\ \gamma &= 1 \times 10^{-3} & G &= 200 \frac{(2.17-e)^2}{(1+e)} \sigma_m^{0.67} \\ \gamma &= 5 \times 10^{-3} & G &= 100 \frac{(2.17-e)^2}{(1+e)} \sigma_m^{0.70} \end{aligned}$$

図-3は、不攪乱と攪乱土の G の相異を調べる為 G と e の関係を整理したものである。現乱した試料の試験結果が数量的に十分でない為、粒度分布の相異による影響は不明であるが、両者の間には $\gamma = 10^{-3}$ 以下において明らかな相異が見られ不攪乱土の G は攪乱土の G よりもかなり大きな値を示している。また、破壊ヒズミに近い $\gamma = 5 \times 10^{-3}$ 付近では不攪乱土の骨格構造がほとんど崩壊し攪乱土の値とほぼ一致している。そして値のバラツキが特に認められないことを考えると不攪乱土の G は e に大きく依存する傾向にあることが推定される。

図-4は、不攪乱土の粒子間結合力(セメンテーション)の大きさを示す量と思われる圧密降伏応力 P_y と攪乱土に対する不攪乱土の G の比、 G_{undi}/G_{dis} (G_{dis} は不攪乱土の e における標準砂の G) の関係を各ヒズミレベルに対して示したものである。この図から破壊以前のヒズミにおいて、 P_y の増大と γ の低下に伴って G_{undi}/G_{dis} の値は数倍になることが推定され、冒頭に想定したように骨格強度の大きさが G に対し顕著に影響することがうかがわれる。しかし、これらは三軸試験機を用い γ の限られた範囲における試験結果に基づいているものであるから一般性に言いえることは言うまでもない。今後は共振法試験等の併用により広範囲の γ に対し総合的に検討しようと考えている。

参考文献：1) 畑、岩崎、龍岡 “砂の動的変形特性の室内実験と現場測定との比較” 地球惑外科学技術講演会要録集。2) 高木、岩崎、龍岡 “室内実験による砂の動的変形特性の正統性” 地球惑外科学技術講演会要録集。

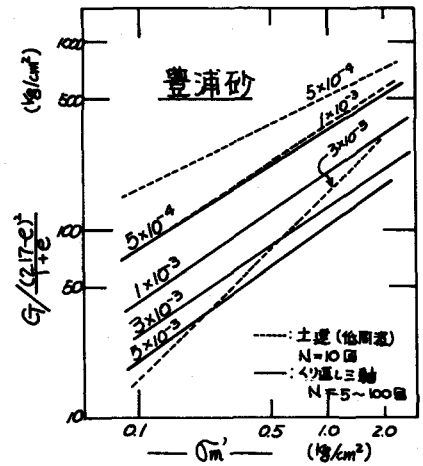


図-2

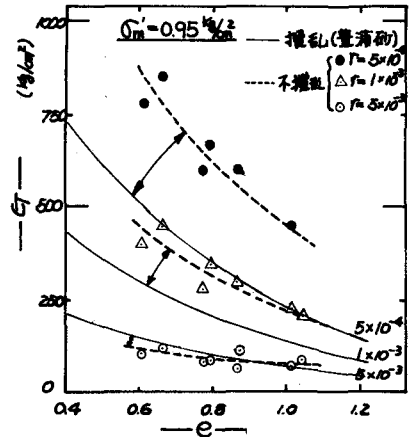


図-3

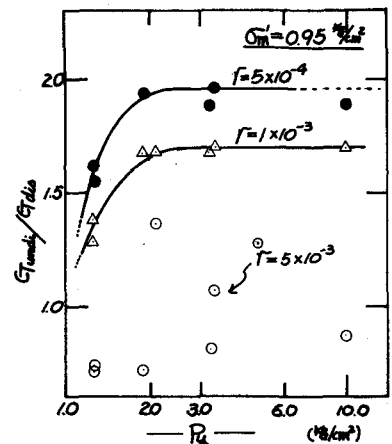


図-4