

愛知工業大学 正員 奥村 哲夫  
 " " 大根 義男  
 " " 成田 国朝

### 1. はじめに

河川堤防やフルタムの築堤材料としてその周辺の材料の制約より砂質土を用いる場合がある。特にフルタムのような水利構造物ではその堤体内部に貯水によって常時飽和状態となり、地震時には液状化の発生する可能性がある。ところで、貯水によって飽和した材料の液状化強度は、締固め時の含水比、締固めエネルギー、締固め密度等の影響を受けると考えられる。例えば、最適含水比より乾燥側の含水比で締固めた材料では粒子内部の空気の占める割合が大きいことから、水浸による粒子構造の崩壊が顕著に現われ湿潤側（同一締固めエネルギー、同一密度）で締固めたものより液状化強度が低くなることが考えられる。また、締固められた材料は一種の先行的な応力を受けたことになり、その液状化強度は実験時の拘束圧の違いによって異なる値を示すと考えられる。

そこで、締固められた砂質土の液状化強度特性を把握するための基礎資料を得ることを目的として、図2に示すような含水比と密度をもった供試体の液状化試験を実施し得られた結果を示す。

表-1 試料の物理的性質

### 2. 試料および試験

| G <sub>s</sub> | 粘土分  | シルト分  | 砂分    | 最大粒径  | 均斉係数 | D <sub>50</sub> |
|----------------|------|-------|-------|-------|------|-----------------|
| 2.649          | 7.0% | 10.5% | 82.5% | 2.0mm | 37   | 0.38mm          |

試験に用いた試料の物理的性質を表1に示す。

供試体に加える先行応力を見積りため、図1に示すような装置を用いて締固め試験を行った。これは、直径50mm、高さ125mmのモールドに締固め後の厚さが25mm程度となるような試料をつめ、ジャッキを用いてその表面に所定圧力に達するまで静的に加圧する。そしてこの操作を5回繰返して試料を締固める方法である。4種類の加圧力(250kg/cm<sup>2</sup>~1000kg/cm<sup>2</sup>)で行った締固め試験の結果を図2に示す。なお、図2の破線はJIS規定(2.5kg/cm<sup>2</sup>、3R、25回)によって得られた締固め曲線である。供試体(直径50mm、高さ125mm)の作成は図1の装置を用いて行ない、加圧力 $P_1$ ( $P_1=1000$ kg/cm<sup>2</sup>)の締固めによる最大乾燥密度( $\delta_{max,p_1}$ )および11~20%の範囲の4種類の含水比で0.95 $\delta_{max,p_1}$ の密度となるような締固めを行った。供試体の飽和は、あらかじめゴムスリーブをつけた供試体を二分割のモールドの中へ入れ、水頭差約70cmで通常の透水試験と同じ方式で行った。試験は、通常の振動三軸試験装置を用いた。初期拘束圧( $\sigma'_v$ )は1.0、2.0および3.0kg/cm<sup>2</sup>の3種類とした。載荷振動は振幅数2.0Hzの正弦波である。なお、完全飽和を期すため1.0kg/cm<sup>2</sup>のバックプレッシャーを供試体に加えた。

### 3. 実験結果

《静的強度特性》 各々の供試体の浸水による静的強度特性の変化を調べる目的で一軸圧縮試験を行った。この結果も圧縮強度( $q_u$ )と締固め時の含水比( $w$ )の関係を図3に示した。なお、図3の実線は加圧力 $P_1$ で締固めた結果、また破線は同一密度( $\delta=1.67\sim1.69$ g/cm<sup>3</sup>)の結果である。図から、いずれの供試体においても浸水後の $q_u$ は浸水前と比較して低い値を示しており、浸水による $q_u$ の低下は飽含水比で締固めた供試体の方が著しく、高含水比のものはほとんど変化しないことがわかる。また、 $w<17\%$ では、同一密度の供試体の浸水前の $q_u$ は $w$ の増大および加圧力の低下に伴って減少しているが、浸水後の $q_u$ はほぼ一定値となっている。しかし、 $w>17\%$ では、 $q_u$ の値は両者ともに幾分か低下している。

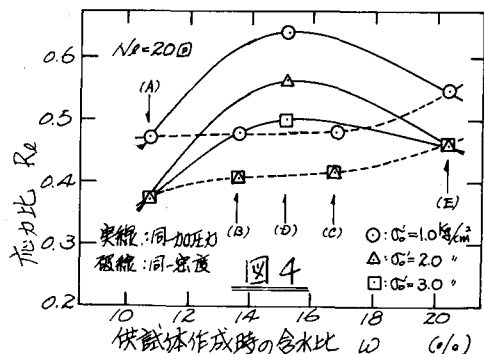
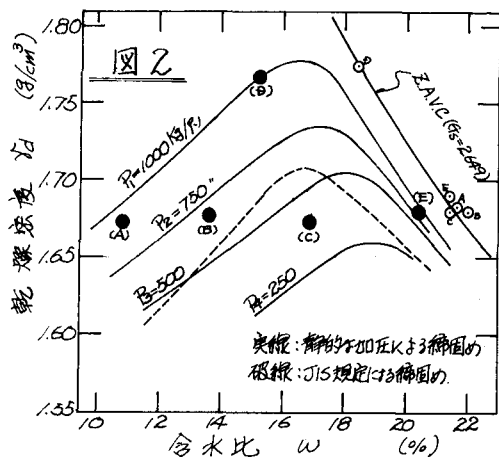
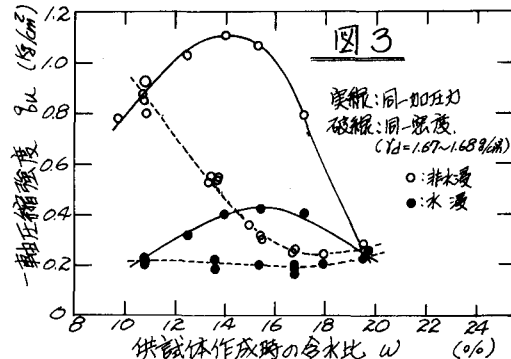
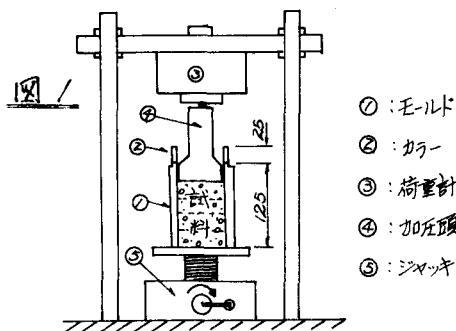
《液状化強度特性》 各々の供試体の浸水前の密度と含水比の関係は図2のA~E実の値となった。また、実験後の値は図2のゼロ空疎曲線付近に集中しており、供試体はほぼ飽和状態にあったと考えられる。若供試体が

20回の載荷で液状化するときの応力比( $R_L$ )と締固め時の含水比の関係を示したのが図4である。液状化の判定は永久変位が最発生始める時点とした。加圧力 $P$ の締固め曲線にほぼ対応するA, BおよびE点の応力比は含水比の变化 $K$ に対して同形の曲線を示すような変化をなす(ただし、 $\sigma_v$ によって $R_L$ は異なるが)、最適含水比付近で最大値を示している。すなわち、A点の応力比はE点より13~17%程度低い値となっている。このことは図3に示した土の特性と同様で、最適含水比付近で締固めた供試体では密度も高く、さうく当所の強度もほとんど変わらない浸水後も安定した粒子構造を保つことから応力比も最大値を示し、すなわち、同一密度、同一加圧力であっても乾燥側で締固めた供試体は浸水による粒子構造の崩壊が顕著に現われたいわゆる過剰側より低い応力比となったと考えられる。

同一密度ではあるが、加圧力の異なるA(記号E), BおよびC点の応力比と含水比の関係は図4の破線に示すような結果となり、図3の土と良く似た傾向を示している。すなわち、図2からわかるように、加圧力 $P$ の値が各々異なるにもかかわらず応力比はほぼ一定の値となっている。これらの供試体においても、 $\sigma_v=1.0 \text{ kg/cm}^2$ のもので得られた結果は他の拘束圧のものより大きな応力比を示し、 $\sigma_v$ の違いによって異なる応力比を示している。このことは、供試体作成時に与えた応力が $\sigma_v(1.0 \text{ kg/cm}^2)$ より大きく、実験時には一種の過圧状態に達したためと考えられる。

## 4. 結論

締固めのための液状化強度は一軸圧縮強度と似たような傾向を示し、最適含水比付近で締固めた場合、応力比は最大となるが、乾燥側で締固めた場合は浸水による影響が著しく大きな値は期待できない。つまり、締固め時の先行荷重の影響により応力比は拘束圧によって異なる値を示す。



参考文献 1) 奥村大根 "粘土質土の液状化特性" 自然災害科学雑誌  
 2) 新井浩一郎 "土の締固め" 技報堂  
 3) 山本大根 "土の液状化対策" 技報堂