

飽和不攪乱まさ土の繰り返しせん断および液状化特性

広島大学工学部 正員 吉国 洋
 中国電力株 正員 一瀬 泰啓
 広島大学大学院 学生員 ○福島 信吾

1. まえがき

今日まで、まさ土の動的特性に関する研究は、乱した試料についてはかなり解明されているものの、乱さない試料については、その採取が困難なこともあって、ほとんど未解明といった状態にある。そこで本研究では、非排水状態で所定の繰り返し応力を与えた不攪乱まさ土を再圧密した後、非排水三軸圧縮試験を行ない、繰り返し応力がまさ土の変形特性と破壊特性に与える影響を調べた。

2. 試料および実験方法

試料は、広島県東広島市郊外において採取された不攪乱まさ土である。試料の物理特性を表-1に、粒度曲線を図-1にそれぞれ示す。この試料を直径約10cm、高さ約20cmとなるように注意深く成形し、供試体とした。

供試体を飽和させた後（飽和度96%以上、B値にして0.95以上）、1, 2, 3kgf/cm²の3種類の圧密応力で等方的に圧密し、その後、非排水状態で所定の繰り返し応力を与えた。载荷は周期10秒の正弦波で完全両振りである。繰り返し载荷中に軸ひずみが急増し、7%以上となった場合には液状化が生じたものとし、その時点で载荷を停止した。また液状化の生じないものは、最大5000回まで载荷を継続した。そして、繰り返し载荷が終了した後、そのままの状態でも再圧密を行ない、その後、応力制御による非排水三軸圧縮試験を行なった。

表-1 試料の物理特性

e_0	γ	G _s	D ₃₀	D ₆₀
0.817 ~0.932	1.753 ~1.851	2.650	0.22	0.70

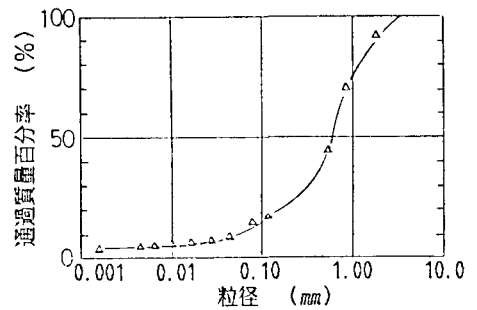


図-1 粒度試験

3. 結果および考察

図-2は圧密応力3kgf/cm²の場合の非排水三軸圧縮試験の有効応力径路である。これより、非液状化試料（図中□印）は、繰り返し応力を受けていない試料（図中実線）とほぼ同じ径路を通るのに対して、液状化試料（図中○印）は立ち上がり部分で非液状化試料よりかなり左側を通り、限界状態線（図中点線）に向かっている。つまり、圧縮の初期段階において著しい間隙水圧を発生していることを表わしている。これは液状化によってまさ土の粒子構造が著しく劣下し、構造組織による抵抗が小さくなって、負のダイレイタンスを示しやすい土に変わったためと考えられる。また液状化試料と非液状化試料の再圧密後の非排水強度について考えると、液状化試料は繰り返し応力を受けていない試料の限界状態線に達しかつこれに沿った挙動を示している。これに対して非液状化試料は、前者とは異なった傾向を示している。図-3は、非液状化試料だけの有効応力径路を示したもので、その限界状態線（図中実線）は明らかに繰り返し応力を受けていない試料の限界状態線（図中点線）の下側となっており、一種の強度低下を示している。つまり、まさ土においては微少ひずみしか生じないような振動であっても、粒子構造を劣下させると考えられる。同様に考えると液状化試料は、発生したひずみも7%と大きく、粒子構造も著しく乱されてい

るため、強度の低下もより大きいはずであるが、実際にはそのような傾向は見られなかった。これは、液状化するやち有効応力ゼロの状態によって粒子が一旦、間隙水中に浮遊した状態になり、再圧密の過程において比較的安定な粒子配列に落ち着いたためと考えられる。また図では示さなかったが、非液状化試料は再圧密によっても間隙比がほとんど変化していないのに対して、液状化試料では10%~20%の減少がみられる。このように、非液状化試料は繰り返し応力によって粒子構造はかなり劣下しているが、まだその組織を残しているため、再圧密によってもより安定な状態には成り得なかったのに対して、液状化試料は繰り返し応力によって粒子構造が完全に破壊され、その後、再圧密によって著しく密実化し、安定な状態となったと考えられる。いずれにしても、繰り返し応力による粒子構造の劣下と、液状化後の再圧密による密実化という二つの要因が、動的応力を受けたまき土の強度特性に大きく寄与していることは確かなようである。

図-4は、同実験における軸ひずみと主応力差の関係を示したものである。非液状化試料（図中□印）は、本来なら再圧密によって多少なりとも密度が増加しているの、ひずみが発生しにくくなるはずである。ところが、実際には図-4のようにひずみが増大している。つまり、脆性的な性質を残しながらも強度は低下したと考えられ、これは先の有効応力径路よりの結果と一致している。これに対して液状化試料（図中○印）は、圧縮のごく初期段階以降は、ほぼ直線的挙動を示している。これは、液状化によって母岩状態からの粒子構造が破壊されるため圧縮当初の変形抵抗は小さくなっているがその後は密度が増大しているため変形抵抗が大きくなっていることを表わしている。非液状化試料は圧縮初期で粒子構造の破壊が進み、完全に破壊されると著しい軸ひずみを生じるのに対して、液状化試料はもとより構造組織たるものがほとんど存在しないと考えられ、したがって初期段階より一定した軸ひずみを生じている。つまり、液状化によって脆性的な性質を失ったと考えられる。

4. 結論

不攪乱まき土は、微小ひずみしか与えないような振動であっても、それを与えることは、粒子構造の劣下を導き、脆性的な性質は残しながらも強度の低下を生じる。

一旦液状化を生じた不攪乱まき土は、粒子構造が完全に破壊され、脆性的な性質を失うとともに、大きな負のダイレイタンスを示す土に変わる。

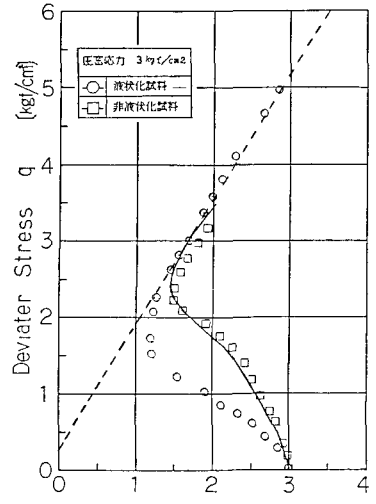


図-2 Mean Effective Stress p' (kg/cm²)

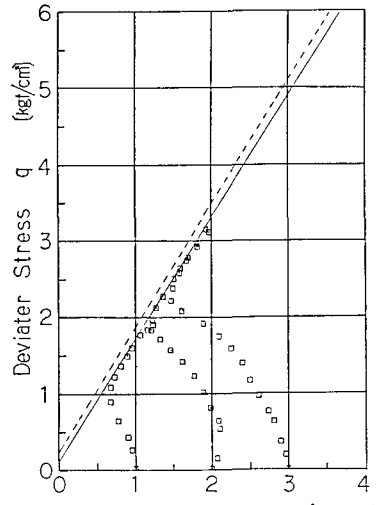


図-3 Mean Effective Stress p' (kg/cm²)

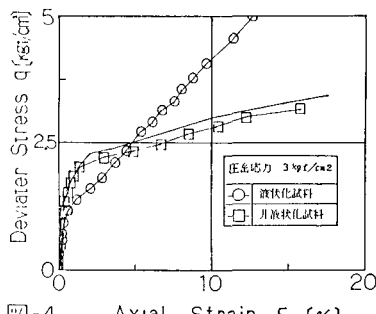


図-4 Axial Strain ϵ (%)