

III-59 飽和砂の液状化に関する一考察

新潟大学工学部 正員 小川正二

1) まえがき

地震時には、砂地盤上に造られている構造物が沈下、あるいは破壊したり、地盤そのものが破壊したりすることがしばしばみられている。これは振動を受けた飽和した砂地盤の液状化によるものが多く、耐震工学の上からは飽和した砂地盤の液状化現象の解明が重要視されている。このような飽和した砂地盤の液状化に関する研究は主として室内で飽和した砂供試体にせん断力を与える方法で行なわれ、多くの成果を得ている。しかしながら、液状化の判定基準に問題があり、Seed¹⁾によれば「液状化とは砂塊中の間ゲキ水圧が上昇して、有効拘束圧がゼロになり、地盤が全くその支持力を失なう状態である」と定義されているが、彼も初期液状化、局部液状化、完全液状化の基準を設けているように、その判定基準は極めてあいまいである。

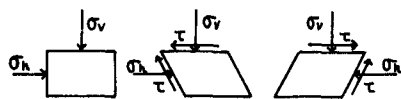


図-1 土中の応力状態

本文は正弦波型を用いた三軸試験の結果に基づいて、2・3の判定基準の比較検討を行なったものである。

2) 液状化の判定基準の検討

地震のような水平振動を受ける基礎地盤中の一要素に生じる応力状態は図-1のようになり、 $\sigma_v = \sigma_h$ の場合には、三軸試験機で飽和した砂供試体に交番応力を与えることによって、この応力状態を再現することができる。しかし、この方法では、考えているせん断面と主応力面の関係など、多くの問題が残ることになる。

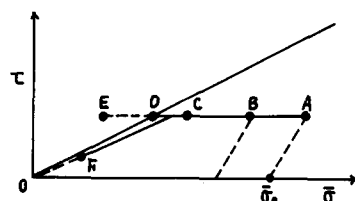


図-2 応力状態の変化

飽和した砂供試体に交番応力を作用させると、間ゲキ水圧は次第に上昇し、有効拘束応力は減少する。したがって、最大せん断応力が生じる時の状態は図-2に示すように、A → B → C と変化し、D 点で動的破壊線に接して、塑性平衡状態に達する。この状態からさらに一定レベルのせん断力を与えれば、その応力履歴は DO の状態を繰り返さなければならない。谷本²⁾は図-3(a)のような短型波の応力載荷試験を行ない、最大せん断力は減少するが、ほぼ、DO に近いベクトル図を示すと述べている。著者の行なった正弦波型の応力載荷試験では、ベクトル図は DO 線には近接せず、最大せん断応力のみが次第に減少しながら、DO の経路をたどっている。したがって、D 点に達すれば、それ以上に間ゲキ水圧が上昇したときには、一定レベルのせん断力に耐えることができないの

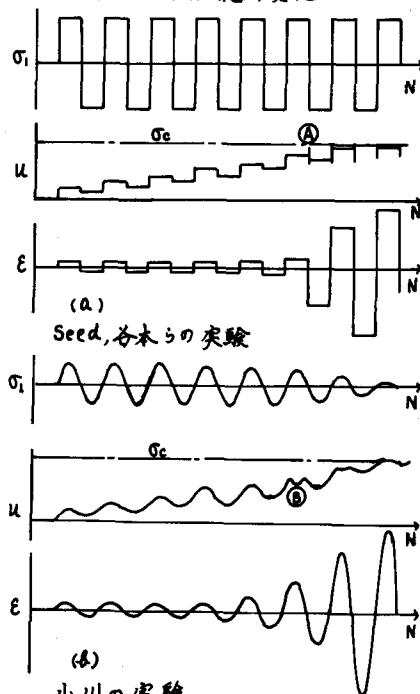


図-3 Seed, 谷本らと小川の実験結果の比較

で破壊したとみなせる。

さらに、D点の近くの応力状態になれば、一般の圧縮試験にみられるように、軸ヒズミは急激に増大する。このことを基礎地盤について考えると、支持力はゼロにはならぬが、ほぼ極限状態に達し、変位は増大して上部構造物に有害な影響を与えることになる。

このような飽和砂の挙動を考えると、液状化の基準は種々考えられるので、液状化とは次のような基準のいずれかを満たすものと考えらるべきであろう。

- i) 局部的あるいは全体的に有効拘束応力がゼロとなる時
- ii) 最大せん断応力が動的破壊線に接する時 (主応力差が減少し始める時)
- iii) 軸ヒズミが急激に増大し始める時

その他、谷本による (iv) 最大伸張時・圧縮時の修正間ゲキ水圧が一致する時、(v) 間ゲキ水圧の $\pm$ が出し現象の生ずる時 などがあるが、物理的現象と力学的性質の関係において問題が残る。

3) 最大せん断応力と液状化を生ずる載荷回数との関係

正弦波型による実験の結果から、ii), iii), v) の判定基準によって、最大せん断応力と液状化の発生する載荷回数との関係を求めると、それぞれ図-4に示すようになり、いずれの判定基準による関係曲線もほぼ同じになり、これら3つの基準はほぼ同じ意味をそつものと考えられる。なお、i) の基準による場合は本実験では $\tau=0$ とならないかぎり生じないので除外した。

短形波載荷による $\pm$ が出し現象 (図-3(a)の④) は正弦波載荷 (図-3(b)の⑤) の状態に対応することは明らかであり、ダイラタンシーによるものと考えられるが、図-5にその細部を示すように、必ずしも軸差応力がゼロのときに生じているのではなく、単に土粒子構造が完全に崩壊する前の膨脹過程とみるべきである。

4) むすび

正弦波型による三軸試験の結果を2.3の液状化判定基準について考察したか、上記のii), iii), v) の基準はほとんど同じ意味をそつことがわかった。また、液状化という言葉は地盤および上部構造物の被害を考慮して広い意味で用いるべきであると思う。

参考文献

- 1) Seed, H.B. and K.L. Lee: Liquefaction of Saturated Sand during Cyclic Loading, Jour. of Soil Mech. and Found. Div. SM 6, 1966
- 2) 谷本, 植村: 周期載荷をうける飽和砂の破壊, 土木学会論文報告集 No. 183 11, 1970

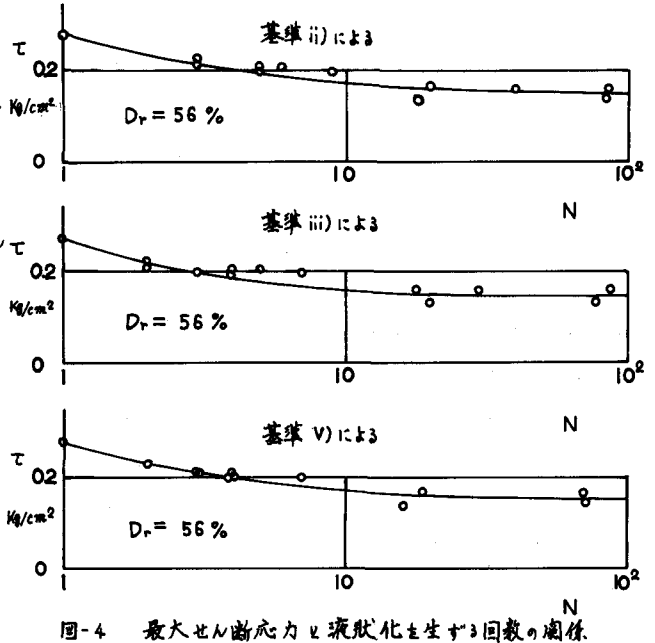


図-4 最大せん断応力と液状化を生ずる回数の関係

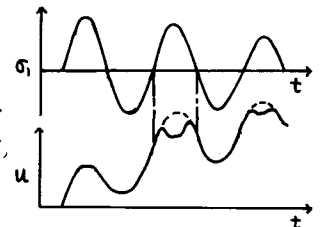


図-5 図-3(b)のB附近の間ゲキ水圧の変化