

まえがき

液状化現象は、排水セン断時に見られるダイレタンスーと密着関係を有する。負のダイレタンスーにより間げき水圧が発生し、有効拘束圧を下げる。その結果、同一のセン断応力を加えても、次のステップでは応力比が増加し、さらに負のダイレタンスーが発生し、間げき水圧が増加する。この様な過程が継続する事により、有効応力経路が変相線に達しついに有効拘束圧ゼロの初期液状化となる。引続きの載荷に対し、セン断応力載荷時は、正のダイレタンスーにより有効拘束圧は増加し、除荷時の体積圧縮傾向により、有効拘束圧は再び0となる。液状化した時、ひずみは急激に増加する。以上が液状化のメカニズムであるが、本研究は実験的にこれを明らかにし、さらにセン断ひずみと間げき水圧の関係及び液状化後の地盤沈下を予測するための基本的関係について考察した。

実験概要

使用した砂は福島県新地町の海岸より採取した。その物理指標は  $G_s = 2.738$  (砂鉄分含率)  $e_{max} = 0.854$ ,  $e_{min} = 0.531$ ,  $D_{50} = 0.35mm$ , 豊浦砂よりも丸味を帯びている。供試体は水中落下法で作成し、側壁を木枠にて反りにより密度を調整した。CO<sub>2</sub>循環 1~2hrs, 脱気水循環, 3~5 hrs を経てB値を0.9以上とした。静的載荷(Figs.1,2)は摩擦の少ないベロフラムシリンダーを介して応力制御を行なった。軸ひずみはダイヤルゲージ、間げき水圧は零指示水銀柱を用いた。動的試験は空圧サホにより0.5Hz 軸反変動により行ない、軸変位、間げき水圧(上端,下端)2ヶ所、載荷応力をマイクロメーター及びX-Yレコーダに記録した。

静的実験結果

静的実験結果の一例を Figs. 1, 2 に示す。Fig.1は有効応力経路である。供試体は一端伸長方向に大きくセン断しその後、非排水状態にし間げき水圧の変動をみた。伸長ではほとんど間げき水圧の発生がみられず、反縮方向に入るや急激な間げき水圧増加がみられる。この時軸ひずみは又2~3%変動している。正のダイレタンスーがあらわれると間げき水圧は減少し、セン断応力が零の時点で間げき水圧

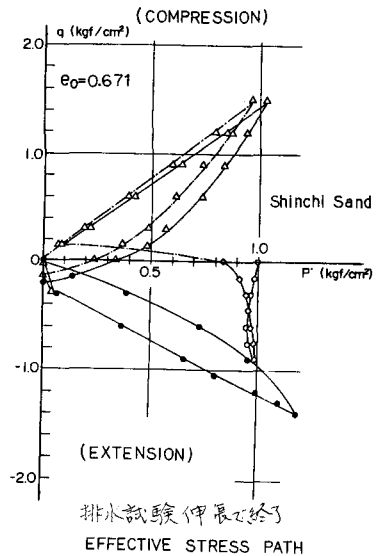


Fig. 1. 非排水試験の有効応力経路

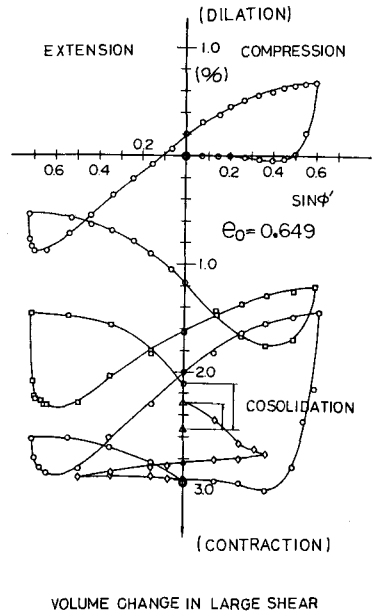


Fig. 2. 大セン断変形に於ける体積変化特性

は有効拘束圧に等しくなる。この現象は大変形時に於る砂のダイレタンシー特性と軌を一にする。(Fig.2) この様に液状化試験では応力方向が逆載する事が非常に重要である。応力方向の逆載しない片振り試験では、硬化作用の方が大きく、液状化は発生しにくい。

動的載荷時に於いて、砂がこの様な変形特性を示す理由としては、せん断による異方性の発達と、外力支持(変形抵抗)に寄与しない粒子が増加する事の2つのメカニズムの相互作用と考えられるが、別の機会に発表する。2)

### 液状化試験

Fig.3は相対密度 $D_r$ と初期液状化に必要な繰返し回数をプロットしている。 $D_r$ が高い程液状化しにくい事が理解される。これは同一の試料作成方法を用いた場合で、試料の作成方法が異なる場合、載荷形式(三軸試験と単軸せん断等)が異なる場合、 $D_r$ のみでデータを整理できないので注意が必要とする。3)

Fig.4はせん断ひずみと間げき水圧を正規化した繰返し回数に対してプロットしている。ひずみが急増する突以前は、両者はユニークな関係が存在する様である。この事は非常に重要な事である。すなわち、地震荷重により発生するひずみと間げき水圧が何らかの関係で近似できれば、数値解析上極めて有用となるからである。Fig.5は液状化後の再圧密による体積圧縮と最大せん断ひずみの関係を調べている。データにはバラツキが多いが、せん断ひずみが大きい程、体積圧縮も大きい様である。他に数値解析には、液状化後の地震時荷重によりどの程度、ひずみが増加するかを判断する事が重要であるが、根本的には固相から液相へと変化するのであるからその取り扱いが極めて難しい。密度が高い場合には限界ひずみが存在するという報告があるが<sup>4)</sup>今後の研究が必要とされる。

### 参考文献

- 1) 3) 4)は「工の力学(四) 竜岡 定立、砂の液状化(吉見)に文献が併録してある。
- 2) 飛田、柳沢、Nemat-Nasser「繰返し載荷時の微細砂の変形挙動と微視的構造の関係を以て」17日理工学研究会(1982)

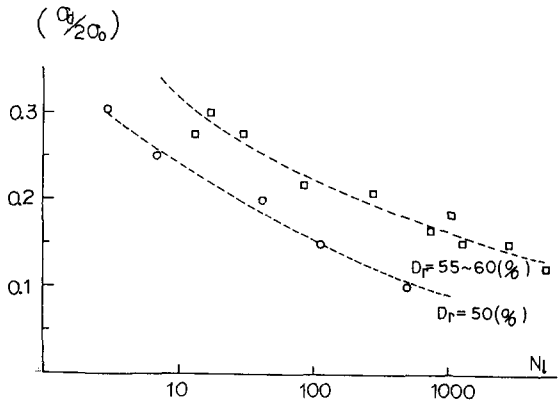


Fig.3 相対密度、応力比、液状化に必要な繰返し回数

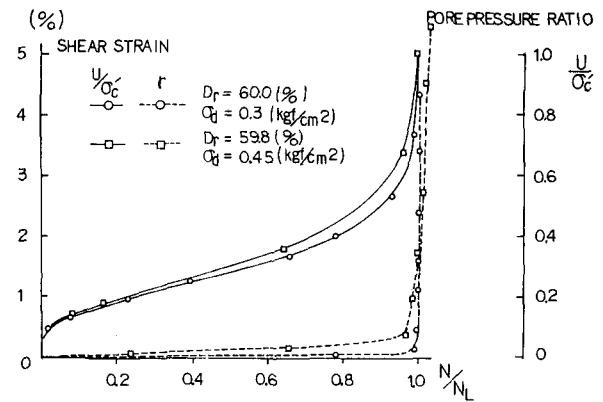


Fig.4. せん断ひずみ、間げき水圧と繰返し回数の関係

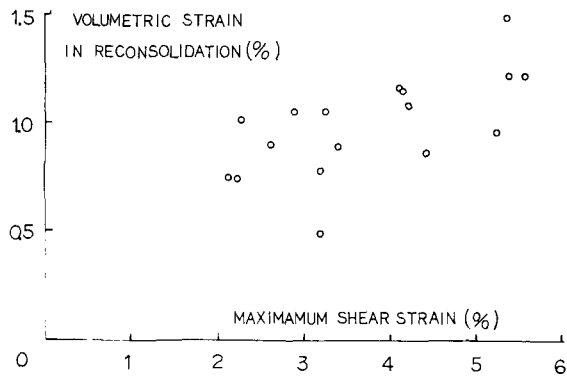


Fig.5 液状化後の再圧密による体積圧縮