

III-94 砂の変形特性に対する一考察

東京大学工学部 学生員 吉田 次男
 東京大学工学部 正会員 石原 研而

1. はじめに

液状化による被害は次の3つに大別出来る。(1) 地下タンクの浮上のように、主に間隙水圧が上昇することによって起こる被害(2) 水平地盤にクラックが入るというように、主に地震荷重による地盤の変形、破壊による被害。(3) ロー・サンフェルナンドダムのように、主に地盤や構造物の自重により地盤が変形、破壊することによる被害。このうち(3)タイプの液状化のメカニズムに関して、初期せん断力の液状化強度におよぼす影響を検討する。

2. 試料及び実験方法

試料として成田砂(粒径0.074~0.84 mm, $e_{max}=1.284$, $e_{min}=0.871$)を用い、径5 cm、高さ10 cmで端面摩擦軽減を施した三軸試験装置を用いて非排水せん断試験をおこなった。単調荷重試験と繰り返し荷重が含まれる単調荷重試験をヒズミ制御(分速0.33%)で行い、繰り返し試験を応力制御で行った。試料の作成方法は、いずれも湿潤締め固め方である。

3. 実験結果

図1は、単調荷重試験と繰り返し荷重後単調荷重をおこなった試験に対して、間隙比と残留強度の関係を求めたものである。この結果より、繰り返し荷重を行ったも残留強度には、あまり影響がないことがわかる。又、後述するように残留状態では、 $q = Mp'$ (M =一定)なる関係があるので、横軸に平均有効主応力をとっても同様な関係が得られる。図2は、図1に示した試験結果のうちピークが現れたものについて、残留応力状態の応力とピーク時の応力状態をプロットしたものである。繰り返し荷重を加えた後単調荷重をおこなったもののうち3例については応力経路も示してある。図より、応力経路によらない破壊線、ピークラインが存在することが分かる。図3は、ピー

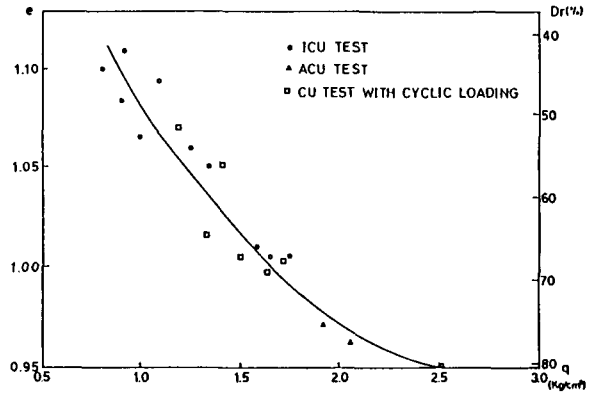


Fig. 1

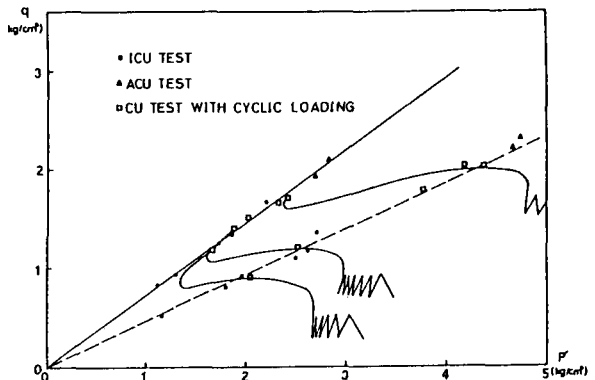


Fig. 2

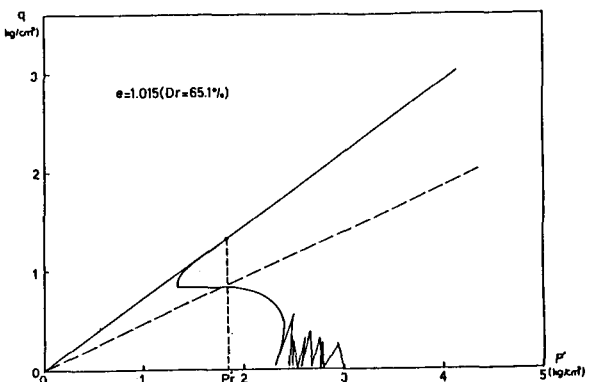


Fig. 3

動が現れた場合である。この時の残留状態での平均有効主応力を P_r とすると、この応力経路がピークラインを越えたときの平均有効主応力と P_r がほぼ一致することより単調載荷でピークが現れるかどうかの基準として、応力経路がピークラインを越えるときの平均有効主応力が、残留状態の平均有効主応力より大きい小さいかという基準を用いることが出来るものと思われる。今回の実験結果に関していえば、すべてこの基準に合致していたが、詳細については、今後の研究によらねばならない。図4は、相対密度 $D_r = 55\%$ に合わせて、圧密応力を変えることで、3種類の異なる応力状態でピークラインを越えるようにセン断したもので、図5は、その時の応力-ひずみ関係である。A、Bはピークが現れ、Cはピークが現れていない。Cはピークが現れないが、応力-ひずみ関係をみるとピークラインの辺りからひずみが大きくなっているのがわかる。このことよりピークラインと破壊線に挟まれた領域に軟化領域が存在すると考えられる。さらに、A、B、Cが軟化領域にはいったときの軟化の程度（ピークラインから破壊線までの応力-ひずみ関係を比べると、Aが最も軟化の程度が大きく、B、Cの順になる。すなわち軟化領域にはいったとき、セン断応力が大きくかかっている程、軟化の程度が大き

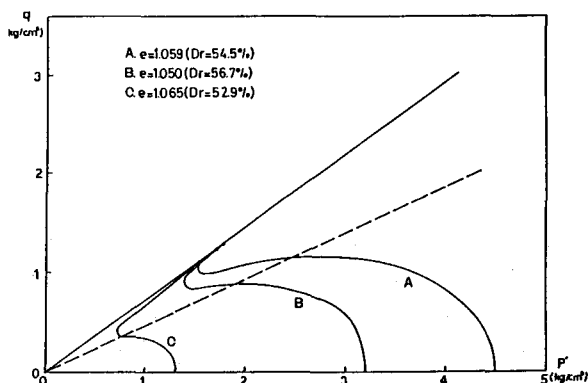


Fig. 4

いといえる。又、先に述べたように、ピークが現れるかどうかの基準は、残留強度の関数になっていることなどより、軟化の程度は、残留強度の関数であるともいえる。図6は、相対密度を $D_r = 60\%$ にそろえ、初期セン断応力の異なる状態から繰り返し試験を行ったものである。 $D_r = 60\%$ の残留強度を図1より求めて q_r とし、図中に示してある。Aは、13サイクル目のひずみは約0.5%で14サイクル目でヒズミが約15%になった。Bは8サイクル目のひずみが約1%で、9サイクル目で約5%のひずみがでた。この結果より、繰り返し載荷でもピークラインを越えるとひずみ軟化が起こり、その程度はセン断応力が強くかかっているほうが大きいといえる。

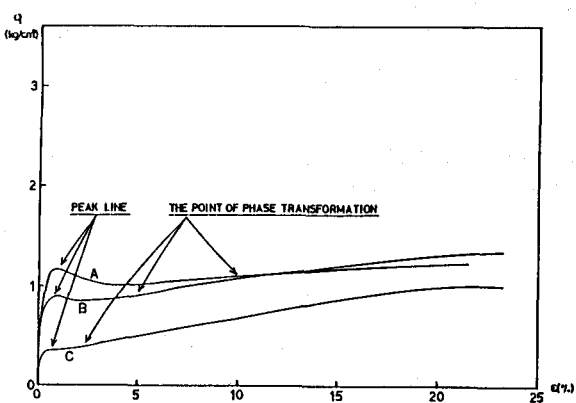


Fig. 5

図6は、相対密度を $D_r = 60\%$ にそろえ、初期セン断応力の異なる状態から繰り返し試験を行ったものである。 $D_r = 60\%$ の残留強度を図1より求めて q_r とし、図中に示してある。Aは、13サイクル目のひずみは約0.5%で14サイクル目でヒズミが約15%になった。Bは8サイクル目のひずみが約1%で、9サイクル目で約5%のひずみがでた。この結果より、繰り返し載荷でもピークラインを越えるとひずみ軟化が起こり、その程度はセン断応力が強くかかっているほうが大きいといえる。

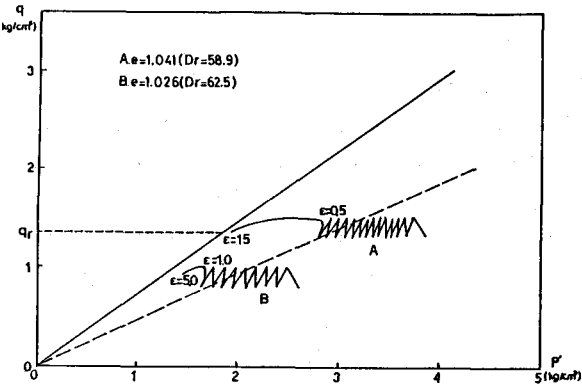


Fig. 6

この結果より、繰り返し載荷でもピークラインを越えるとひずみ軟化が起こり、その程度はセン断応力が強くかかっているほうが大きいといえる。

4. 結論

砂の非排水セン断では、ピークラインと破壊線に挟まれた領域に軟化領域が存在し、その領域内では、セン断応力が強くかかっている程、軟化の程度が大きく、又、軟化の程度は、残留強度を基準に考えることが出来る。

参考文献: Castro, G "Liquefaction of sands" ph.D. Tesis, Harvard University, 1969