

基礎地盤コンサルタンツ(株) 正員 〇 安田 進
同 上 山口 勇

1. まえがき

人工的に結成された砂については、拘束圧が異なっても同じ密度であれば液化状態力比 R_L はほぼ変わらないと一般的に言われている¹⁾。ただし拘束圧が 0.5 kgf/cm^2 より小さい時には必ずしもこうではなく、 R_L は大きくなるとの報告もある²⁾。ところで、通常相対密度 D_r を計算する場合、最大、最小間隙比 e_{max} , e_{min} は拘束圧が 0 の状態での値を用いている(方法1としておく)。これに対してハ木³⁾はある拘束圧 σ_1 での相対密度 (D_r' と表わす) を図1に示した e_{max}' , e_{min}' を用いて計算した方が合理的ではないかと指摘している(方法2としておく)。この場合、同じ密度であっても拘束圧が小さくなれば D_r' は大きくなる。したがって、もし D_r より D_r' の方がダイレタンシー特性をよく表現出来ると考えれば、同じ密度でも拘束圧が小さいほど R_L は少し大きめとなる可能性がある。この点について実験を行ない、考察を加えてみた。

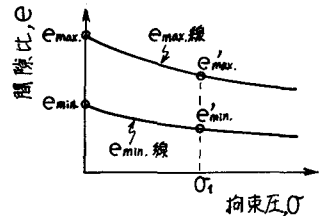


図1. e_{max} , e_{min} と σ_1 の関係

2. 実験方法

実験に用いた試料は豊浦標準砂 ($G_s = 2.64$, 拘束圧 0 での $e_{max} = 0.96$, $e_{min} = 0.61$) である。まずこの試料の e_{max} , e_{min} 線を探るために、通常の圧密試験装置を用いて圧密(縮)試験(試料は乾燥状態)を行なった。次に、振動三軸試験装置を用いて、有効拘束圧 σ_1' を $0.3, 0.5, 1.0, 4.0 \text{ kgf/cm}^2$ と4段階に変えた液化状態実験を行なった。この場合、供試体作製方法としては脱気水をほったモールド中に脱気した試料をスプーンで投入してゆる方法をとった。この時点の密度はすべての供試体がほぼ同じ位になるように調整した。

3. 実験結果および考察

圧密試験結果を示したのが図2の細線である。ただし、振動三軸実験と比較するために、 $K_0 = 0.5$ と仮定し $\sigma_1' = \frac{2}{3} p$ (p は上載圧) としてある。これらの曲線をもとに e_{max} , e_{min} 線は破線のように推定される。次に、振動三軸実験結果のうち、圧密過程での $\sigma_1' \sim e$ 関係をたどってみると図2の大線となる。ただし、

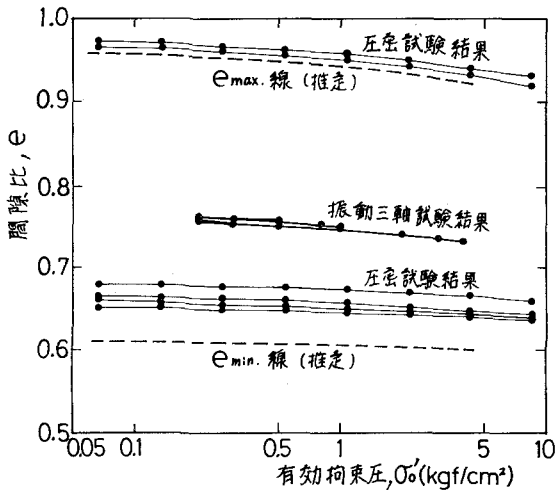


図2. σ_1' と e の関係

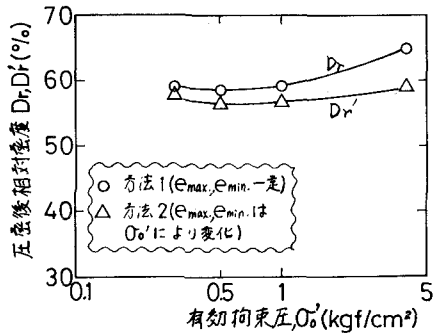


図3. σ_1' の増加に伴う D_r , D_r' の変動

図4に示したように各シリーズとも4, 5供試体を用いているのでそれらの平均値をプロットしてある。

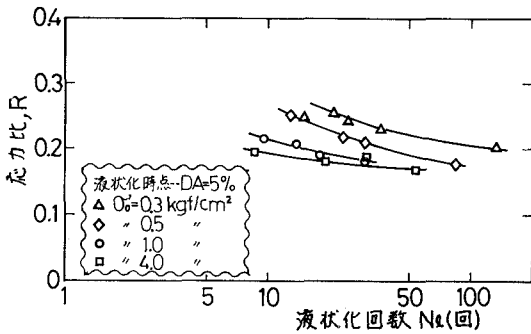


図4. $R \sim N_c$ 関係

図2をもとに D_r (方法1), D_r' (方法2) の変化をプロットすると図3のようになり, σ'_0 が増しても D_r' はあまり変化しないが, D_r はかなり変化することがわかる。

振動三軸実験結果のウチ応力比 $R \sim$ 液状化回数 N_c 関係をプロットしてみると図4のようになる。この図から20回の繰返しで液状化する応力比 R_{20} をとって, D_r および D_r' に対してプロットすると図5, 6のようになる。さらに同じ D_r , D_r' での R_{20} に与える σ'_0 の影響を明確に見るために, $R_{20} \sim D_r$ および $R_{20} \sim D_r'$ が比例関係にあると仮定し, $D_r = 60\%$, $D_r' = 60\%$ での R_{20} を図5, 6から計算し, プロットしてみた。これが図7である。図7より, まず, 同じ D_r に対しても σ'_0 が小さいと R_{20} は大きく, 特に $\sigma'_0 \leq 0.5 \text{ kgf/cm}^2$ あたりでその変化が激しいことがわかる。次に, D_r' について見てみると, D_r で整理した場合よりは変化は少ないが, それでもやはり, 同じ D_r' でも σ'_0 が小さくなると R_{20} は大きくなっていることがわかる。

4. まとめ

液状化応力比 R_{20} に対する有効拘束圧 σ'_0 の影響について再考察するために実験を行なった。この結果同じ相対密度 D_r であっても σ'_0 が小さいと R_{20} は大きく, 特に低拘束圧下でその変化が激しいことがわかった。この原因を探るために σ'_0 によって最大, 最小間隙比が変化することを考慮に入れて相対密度 D_r' の考えを導入してみたが, この場合でもやはり同じ傾向を示した。

◆謝辞◆ 相対密度の概念についての示唆は東京工大長見教授よりいただいた。また実験にあたっては、基礎地盤コンサルタント(株)増田桂子女史に手伝っていただいた。これらの方々に感謝する次第である。

◆参考文献◆

- 1) 例えば, Lee, K. and Seed, H.B. (1967), "Cyclic Stress Conditions causing Liquefaction of Sand," Jour. of S. M. Div., ASCE, Vol. 93, No. SM 1
- 2) 石原研而 (1976), "土質動力学の基礎," 鹿島出版会
- 3) 八木則男 (1972), "砂の相対強度に関する一考察," 工本学会第27回年次学術講演会

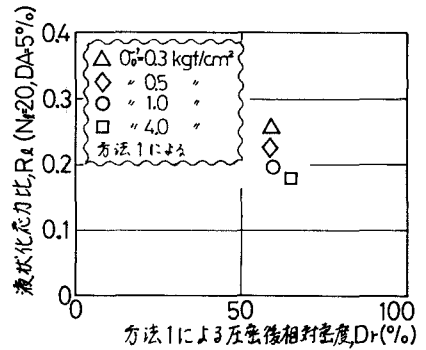


図5. $D_r \sim R_{20}$ 関係 (方法1)

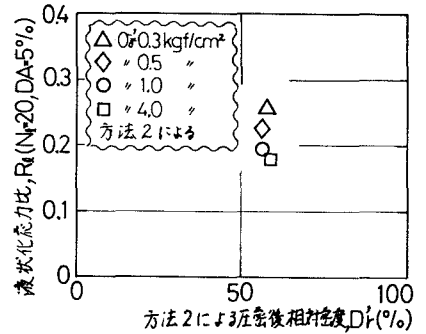


図6. $D_r' \sim R_{20}$ 関係 (方法2)

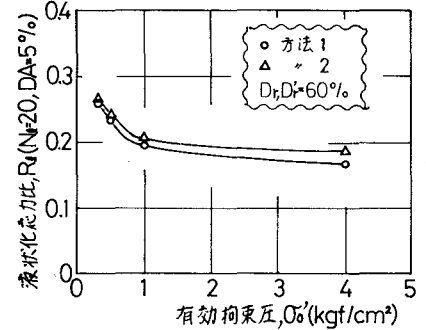


図7. R_{20} に与える σ'_0 の影響