

K₀を考慮したN値と液状化強度比の関係

東京電機大学 学生会員 風見健太郎
東京電機大学 正会員 安田 進
不動建設(株) 正会員 原田健二
東京電機大学 学生会員 荒井大介

1. はじめに

日本ではサンドコンパクションパイル工法は地盤改良工法の1つとして広く用いられてきている。1995年に発生した兵庫県南部地震の際、大きな地震動を受けたにもかかわらずサンドコンパクションパイル工法等で締め固めを施した地盤では甚大な被害を与える液状化は発生しなかった。この要因の1つとして、サンドコンパクションパイル工法や静的締め固め工法による、杭間の地盤内における静止土圧係数 K_0 の増加効果¹⁾が考えられる。この効果は現行の設計方法には含まれておらず、これを考慮することによりコンパクションパイルの設計をより合理的にする可能性があり、設計方法の見直しが検討されている。

また、液状化に対するコンパクションパイルの対策効果は、通常、N値～液状化強度関係図を用いてN値から判断される。そこで、N値～液状化強度の関係に静止土圧がどのように影響するか、土槽内に作製した模型飽和地盤に対する室内標準貫入試験と繰返しねじりせん断試験を行い、両者を組み合わせてその影響を調べた。以下にその方法と結果を示す。

2. 室内標準貫入試験

室内標準貫入試験装置および土槽を図1に示す。土槽は、内径775mm、深さ916mmの鋼製円形土槽である。土槽内周面と底面のメンブレンに水圧を加えて鉛直・水平拘束圧を独立に模型地盤に載荷することができる。また、模型地盤は飽和地盤とし、試料は豊浦砂 ($G_s=2.65$, $e_{s1s}=0.611$, $e_{s1s}=0.985$)を用いて水中落下法で作製した。試料作製時の密度は相対密度で50%、70%および90%の3種類とした。 K_0 は鉛直応力を100kPaで一定として水平応力を50, 100, 150, 200kPaと変えて実験を行った。これを静止土圧係数 K_0 で表現して $K_0=0.5, 1.0, 1.5, 2.0$ と表すことにする。また、模型地盤を作製し水平・鉛直応力載荷終了後、貫入試験を行った。重錘の落下方法はトンビ法とした。

各 K_0 条件における D_r' と N 値の関係を図2に示す。 D_r' は、拘束圧載荷による模型地盤の体積収縮を考慮して求めた貫入試験時の相対密度である。これに見られるように相対密度が等しい場合には静止土圧係数が大きいほど N 値は大きくなった。また、密な地盤ほど静止土圧係数の増加による N 値の変化は小さくなった。

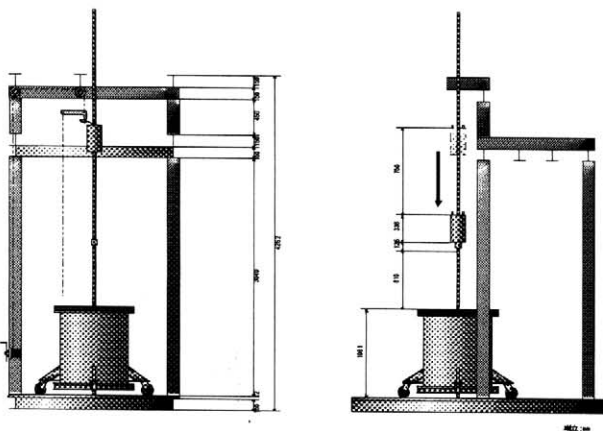


図1 標準貫入試験装置および土槽

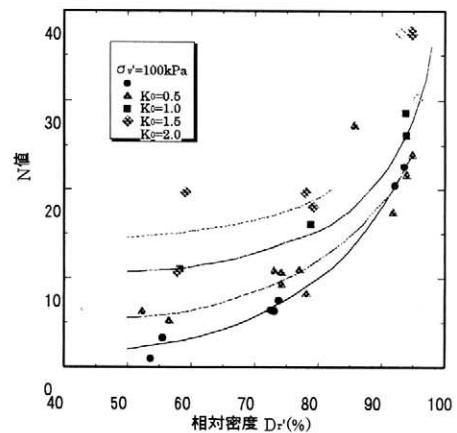


図2 相対密度, K_0 と N 値の関係

キーワード：サンドコンパクションパイル工法, 静止土圧係数 (K_0), N 値, 相対密度 (D_r), 液状化強度比 (R_l)

連絡先：東京電機大学理工学研究所, 埼玉県比企郡鳩山町石坂, 0492-96-2911(2748)

3. 繰返しねじりせん断試験

室内標準貫入試験と同じ試料（豊浦砂）を用いて、同じ鉛直・水平拘束圧、同じ密度条件で繰返しねじりせん断試験を行って、液状化強度を求めた。異方拘束圧で実験を行う場合水平方向のひずみを固定させる方法と、体積を一定にした上で軸ひずみを固定する方法があるが、今回は後者の方法で実験を行った。このため、実験装置には繰返し载荷中の軸方向の変位を拘束する装置を取り付けた。

実験結果のうち、相対密度が70%における応力比～液状化回数関係を図3に示す。これに見られるように、分母を鉛直圧とした応力比で整理すると、同じ密度でも静止土圧係数が大きくなるにつれて液状化に必要な応力比が大きくなった。20回の繰返し载荷で液状化する応力比を液状化強度 R_l として、相対密度と静止土圧係数との関係をまとめると図4の上半分となった。同図の下半分には図3をプロットしてあるが、これらの上下の関係図より同じ相対密度での N 値と R_l を読み取り図示すると図5になった。この図に示されるように、 K_0 値によって N 値～液状化強度比関係が異なってきた。そして、同じ N 値でも K_0 が大きいと液状化強度比が大きくなる結果となった。

4. まとめ

締固め度と K_0 を考慮した地盤モデルにより室内標準貫入試験、繰返しねじりせん断試験を行ったところ以下のような結果が得られた。

- (1) 密度が等しい場合には K_0 が大きいほど N 値は大きくなる。しかし、密な地盤では K_0 の増加による N 値の変化は小さくなる。
- (2) 同じ N 値でも水平方向の応力が大きいと、液状化強度比も増す。

今後これらの結果を考慮して現行の設計方法を改善する必要があると考えられる。なお、本研究は文部省科学研究費補助金（基盤研究（c））の補助を受けている。

【参考文献】

- 1) 山本実, 液状化対策工の動向と課題, 地質と調査, 第3月号, pp.9-16, 1977.

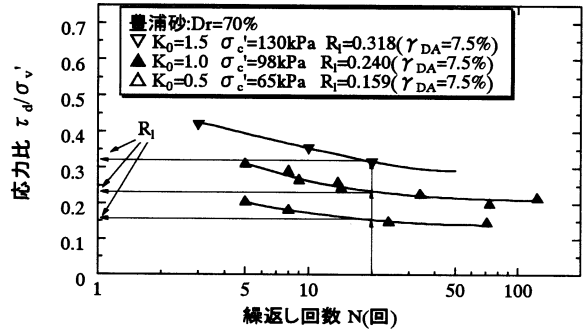


図3 繰返しねじり試験における応力比～液状化回数関係

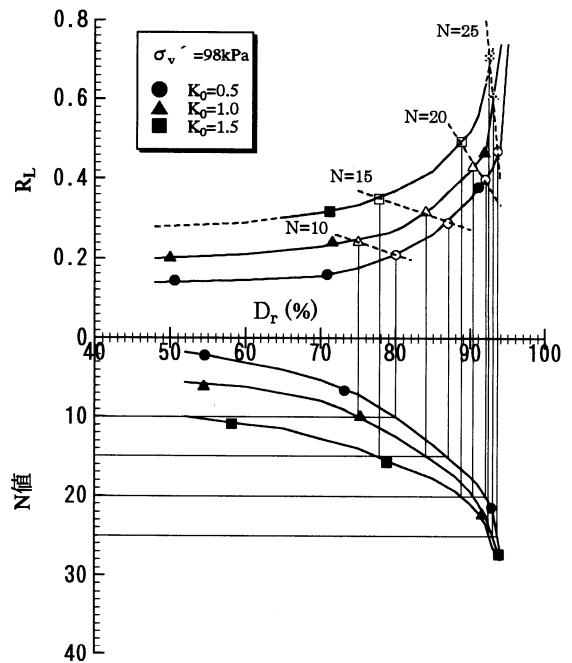


図4 相対密度と N 値, 液状化強度比, K_0 関係

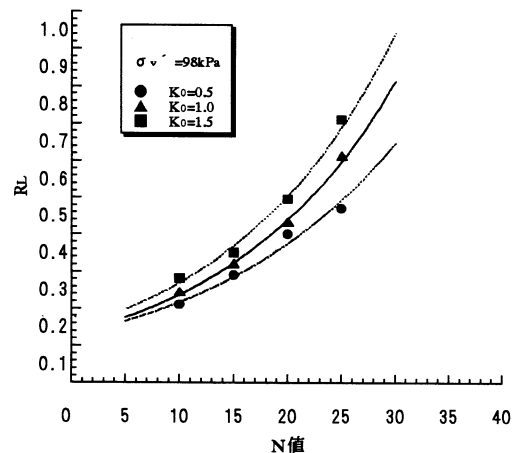


図5 N 値～液状化強度比関係に与える K_0 の影響のまとめ