

砂地盤における相対密度と有効水平応力の N 値に及ぼす影響

東京理科大学 学生会員 ○砂川 宏通
 (株)ジオテック 正会員 藤田 圭一
 東京理科大学 正会員 石原 研而

東京理科大学 正会員 塚本 良道
 基礎地盤コンサルタンツ(株) 正会員 中澤 博志

1. はじめに

現在、原位置地盤調査の主流は標準貫入試験であり、その試験結果は杭基礎の設計などに多種多様に利用される。最近になって、SPT N 値に及ぼす主要因が、有効土被り圧、密度、粒度特性であることが、多数の原位置データをもとに整理され明らかにされてきた¹⁾。粒度特性に関しては、間隙比幅 $e_{\max}-e_{\min}$ により、より良く定式化できる報告もある。本研究は、模型地盤の内部の応力状態を加圧型土槽を用いて再現し、有効土被り圧（鉛直応力）並びに有効水平応力を変化させることにより、地盤内の土圧係数 K_0 の N 値と相対密度の関係に及ぼす影響も調べることを目的とした。

2. 試験概要

本研究では、内径 78cm・深さ 92cm の加圧型土槽を用い、試料には乾燥豊浦砂を用いた。この加圧型土槽は、側面および底面に圧力室を有しており、脱気水をコンプレッサーによりメンブレンに押し込むことでメンブレンを介して鉛直応力および水平応力を独立に模型地盤に載荷することが可能となっている。地盤を作成するにあたり、土槽内に乾燥豊浦砂の模型地盤を作成した後、鉛直応力を 98kPa まで増加させ、圧密を行なった。圧密時には、始めに 19.6kPa の鉛直応力を加え、以後 98kPa まで 9.8kPa ずつ載荷した。その後水平応力を増加させ、所定の土圧係数 K_0 となるようにした。試料の相対密度は、60%, 65%, 70%, 75%, 80% の 5 種類の実験ケースを行った。また、鉛直応力は 98kPa で一定とし、水平応力を 29, 49, 69, 98, 147kPa と 5 種類に変化させ、計 25 ケースの実験を行なった。標準貫入試験は JIS A 1219 に従い、63.5kg のハンマーを 75cm の高さから落下させ、予備打ちを 15cm、本打ちでサンプルが模型地盤内に 30cm 貫入するのに要する回数を測定した。

3. 実験結果と考察

3.1 N 値と相対密度・ K_0 の関係

図 1 に、有効鉛直応力 σ_v' が 98kPa と一定で、5 種類の相対密度における、 K_0 と N 値との関係を示す。ここで K_0 は、有効水平応力 σ_h' を鉛直応力 σ_v' で除した比で定義される。図 1 より、有効鉛直応力と相対密度が一定の条件において、 K_0 の増加とともに N 値が増加していく様子が見てとれる。以下、有効鉛直応力・有効水平応力・相対密度が N 値に及ぼす影響について検討するものとする。

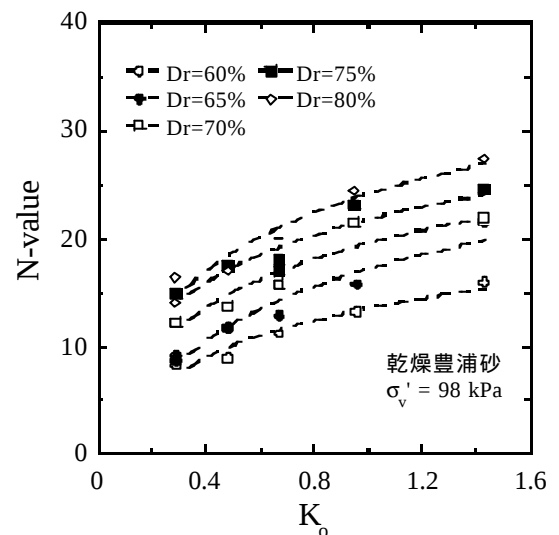
3.2 有効鉛直応力を考慮した N_1 値と相対密度の関係

まず、有効鉛直応力を考慮した N_1 値を以下の式により導入する¹⁾。

$$N_1 = N / \sqrt{s_v' / 98} \quad (1)$$

ただし、 σ_v' の単位は kPa とする。この N_1 値を Dr の 2 乗に対してプロットしたグラフが、図 2 である。図を見ると両者の関係にはばらつきが見られる。試料には乾燥豊浦砂のみを用いているため、粒度特性等の物理的性質の影響は考えにくいと、水平応力等の地盤内の応力条件がデータのばらつきに寄与しているものと考えた。

そこで、水平応力の影響を検討するため、 N 値と Dr^2 の関係を K_0 毎に整理したものを図 3 に示す。この関係から、 K_0 の影響が介在していることが良く見てとれる。そこで、この K_0 の影響についての評価手法を、以下に示す 2 キーワード 標準貫入試験、相対密度、有効土被り圧、 K_0 。

図1 K_0 と N 値の関係

法により検討した。

3.3 N_1' と Dr^2 の関係

N_1' 値は異方応力状態にある模型地盤で測定したN値を平均有効主応力で補正した値である。式(2)により N_1' 値を算出することができる。

$$N_1' = \frac{N}{\sqrt{\frac{1+2K_0}{3} \frac{\sigma_v'}{98}}} \quad (2)$$

図4に、 N_1' 値と Dr^2 の関係を示す。両者の間には有効鉛直応力のみで補正したものより良い相関関係が見てとれ、 $N_1' = 34.8 Dr^2$ の直線式により内挿されることがわかった。

3.4 $\overline{N_1'}$ と Dr^2 の関係

次に、有効水平応力によるN値の補正、つまり $\sqrt{(K_0 \cdot \sigma_v')}$ でN値を補正した、 $\overline{N_1'}$ を導入し検討を行なった。補正式を(3)に示す。

$$\overline{N_1'} = N / \sqrt{\sigma_h' / 98} = N / \sqrt{K_0 \sigma_v' / 98} \quad (3)$$

この有効水平応力を用いたものは、既往の研究によりCPTの補正方法として検討されているが、今回はSPTにおいても適用させ検討した。図5に、 $\overline{N_1'}$ と Dr^2 の関係を示す。本関係においても、 N_1' の時と同様に $\overline{N_1'} = 39.1 Dr^2$ の直線式を用いて、良く内挿されていることが確認されるため、今回の補正方法の有効性が伺える。

4. 結論

比較的密な乾燥豊浦砂を用いた加圧型土槽によるSPT試験を、有効鉛直応力一定のもと、水平応力を大きく変化させ、 K_0 が0.3から1.5に至る幅広い範囲で実験を行なったところ、以下の知見を得た。

- (1) 水平応力を大きく変化させ幅広い K_0 の条件のもとで行なった今回の実験結果について、有効鉛直応力のみを考慮した N_1 値では、N値と相対密度の関係においてばらつきをあまり抑えることができない。
- (2) 有効鉛直応力のみならず水平応力も考慮に入れた N_1' 値を用いた方法では、N値と相対密度の関係は有効鉛直応力のみで補正した N_1 値より、ばらつきを抑えることができ、良く表現できることが確認できた。
- (3) 水平応力のみを考慮した $\overline{N_1'}$ 値を用いることにより、やはり上記の方法と同程度にばらつきを抑え、N値と相対密度の関係がより良く表現できることが確認できた。

今後の研究として、相対密度がゆるい地盤に関しても研究をする必要があると思われる。

【謝辞】本研究遂行にあたり、東京理科大学卒業生の和仁大輔氏、平野弘司氏のご協力がありましたことに対して、ここに謝意を表します。

【参考文献】Cubrinovski, M. and Ishihara, K. (1999) "Empirical correlation between SPT N-value and relative density for sandy soils", Soils and Foundations, Vol.39, No.5, pp.61-71.

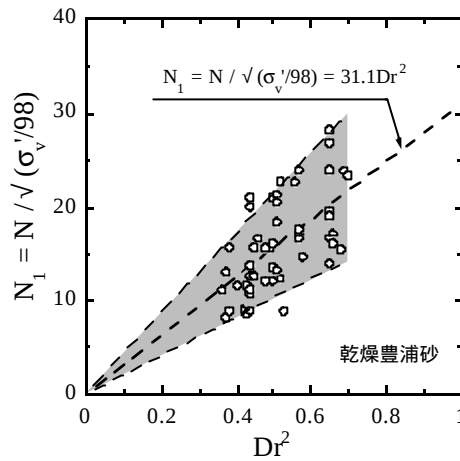


図2 N_1 と相対密度 Dr の関係

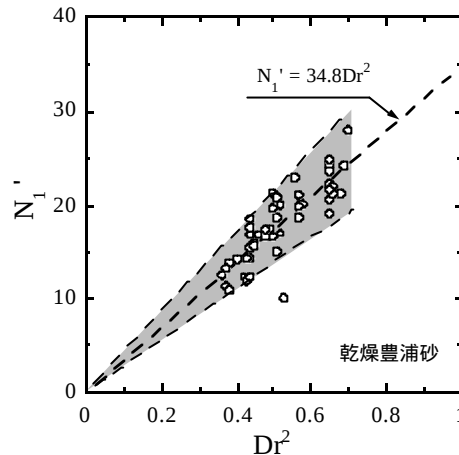


図4 N_1' と相対密度 Dr の関係

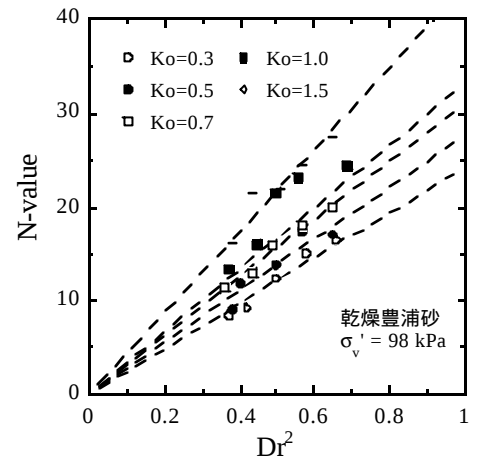


図3 N値と相対密度の関係

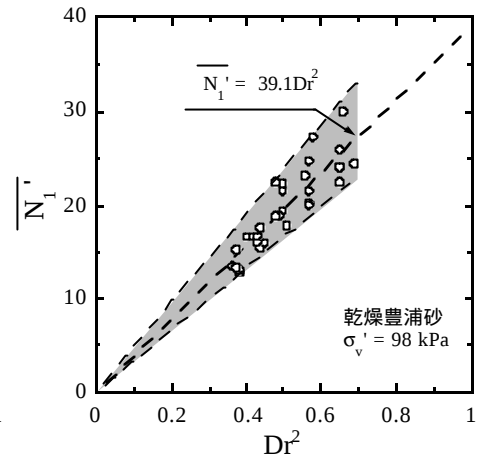


図5 N_1' 値と相対密度の関係