

III-25

粘性土地盤における N 値の力学的考察

戸田建設（株） 正会員 ○田辺 昭博
 名古屋大学工学部 正会員 大塚 悟
 名古屋大学工学部 正会員 松尾 稔

1. はじめに

地盤の現位置試験では、標準貫入試験がよく用いられる。本研究では粘性土地盤における土の強度と標準貫入試験から得られる N 値との関係について明らかにすることを目的に、剛塑性仮定を用いて標準貫入試験の数値シミュレーションを実施する。粘性土の強度に及ぼすひずみ速度効果の影響について考察する。

2. 問題の設定と解析方法

標準貫入試験では、重錘の落下による地盤の変形から N 値を算出する。この重錘の落下による運動エネルギーと地盤の塑性消散エネルギーを等値すると、1 打撃当たりの地盤の変形量が求められる（文献（1）参照）。所定の変形に達するのに必要な打撃回数から N 値が算出される。この解析では、剛塑性仮定と最大塑性仕事の原理を応用している。

3. 粘性土地盤における N 値の解析

粘性土の一軸圧縮強さ (q_u) と N 値の関係は鉛直有効応力に関わらず、 $q_u = \left(\frac{1}{2} \sim \frac{1}{4}\right) N$ (kgf/cm²) の関係にあることが実験的に知られている。ここでは、一軸圧縮強さを幅広く変化させて前節の方法により N 値を計算した。有効土被り圧の影響も調べるためにいくつか土被り圧を変えている。（ $\gamma_t = 0.66$ gf/cm³）計算結果を図 1 に示す。図では有効土被り圧の $q_u \sim N$ 関係に及ぼす影響はほとんど見られず、一軸圧縮強さ q_u と N 値は線形的な関係にある。しかし、実験式と比較すると $q_u \sim N$ 関係の勾配が大きくて、両者はそれほど一致していない結果となった。

4. 粘性土の非排水強度に及ぼす速度効果

前節で N 値を過小評価する原因として、種々の要因を掲げることができが、その 1 つに速度効果による粘性土の強度増加の影響が考えられる。実際に非常に高速なひずみ速度では、粘土の強度がひずみ速度に応じて 1~2 倍程度増加する実験結果が報告されている（動的高速三軸試験：文献（2）参照）。そこで、本節では速度効果を考慮に入れた構成式（Perzyna 型 Mises 降伏関数）を導入して、標準貫入試験の数値シミュレーションを試みた。

$$\dot{\epsilon} = \frac{\dot{\epsilon}}{\bar{\sigma}} S, \quad \bar{\sigma} = \sigma_0 + \left(\frac{\dot{\epsilon}}{\gamma}\right)^{\frac{1}{n}} \quad (1)$$

ここに、

$$\dot{\epsilon} = (\dot{\epsilon} \cdot \dot{\epsilon})^{\frac{1}{2}}, \quad \bar{\sigma} = (S \cdot S)^{\frac{1}{2}} \quad (2)$$

強度定数 $\bar{\sigma}$ はひずみ速度のノルム $\dot{\epsilon}$ に応じて大きくなる。 $\bar{\sigma}$ は偏差応力のノルムである。

材料定数 γ が未知数であることから、 $q_u = 5$ (kgf/cm²) の時の $q_u \sim N$ 値の実験式に適合するように γ を定めた。その結果経験式 $q_u = \left(\frac{1}{2} \sim \frac{1}{4}\right) N$ に応じて、 $\gamma = 1.27 \sim 7.35$ (cm²/kgf·sec) という結果を得た。次にその材料定数 γ を使って一軸圧縮強さ q_u の変化による N 値の挙動を調べた。その結果を図 2 に示す。速度効果を導入することによって経験式は比較的良好に説明される。この解析でひずみ速度効果によってどれほどの強度が発揮されているかを図 3 に示す。図は材料定数 $\gamma = 7.35$ (cm²/kgf·sec)、一軸圧縮強度 $q_u = 2.0$ (kgf/cm²)、 $n = 1$ の事例である。速度効果のない場合の $\sigma_0 = 2.7$ kgf/cm² に対して、強度は重

錘落下直下の一部で最大4倍程度になっている。しかし、大部分は1～2倍の強度となつて、動的高速試験の実験結果とほぼ一致している。図3は地盤のひずみ速度効果による強度分布図を示すが、同時にひずみ速度の分布図とも解釈できる。図では、 $\dot{\epsilon}$ が最大6172%/secであるが、大部分は1980%/sec程度である。

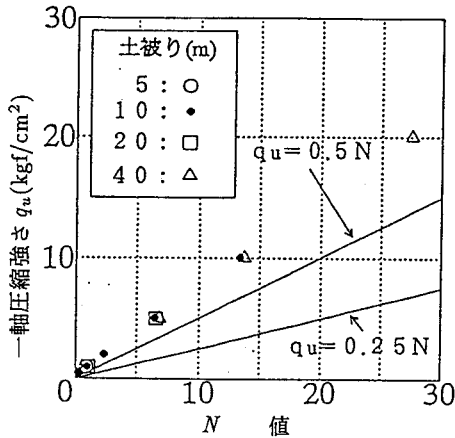


図1 粘性土地盤の $N - q_u$ 関係

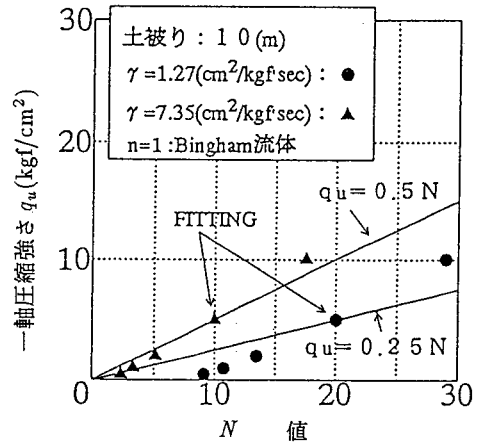


図2 $N - q_u$ 関係 (速度効果, Bingham 流体)

5. 結 論

速度効果を考慮した粘性土地盤における N 値の事例解析を実施し、速度効果の強度に及ぼす影響を示すパラメータ値を逆算した。この値を用いると、 $q_u \sim N$ 値の関係は経験式と比較的一致する結果となった。このとき、地盤の強度は局所的に最大で4倍、全般的に約2倍程度のひずみ速度効果による強度上昇が発生する結果となった。これは、動的高速試験の実験結果において、粘性土における動的粘着力が静的強度に比べて全般に1～2倍程度上昇する傾向とほぼ斉合している。

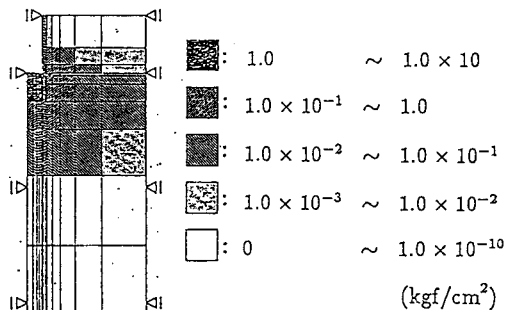


図3 $\left(\frac{\dot{\epsilon}}{\gamma}\right)$ の分布図

参考文献

- 1) 田辺昭博、大塚悟、松尾稔:標準貫入試験による N 値の力学的考察、第29回土質工学研究発表会概要集 (掲載予定)。
- 2) Schimming, A.M., Haas, H.J. and Saxe, H.C.: Study of Dynamic Failure Envelopes, Proc.A.S.C.E., Vol.92, SM2, pp.105~124, 1966.
- 3) Martin J.B., Impulsive Loading Theorems for Rigid-Plastic Continua, Proc.Eng.Mech.Div., ASCE, 90, (EM5), 27-42, 1964.