

電気式コーン貫入試験の斜め下方貫入に関する研究(その3:積算に関わる所要時間等について)

電気式コーン貫入試験 斜め下方貫入 試験時間

ソイルアントロックエンジニアリング(株)	正会員	○松浦良信
同上	正会員	石井正紀
株式会社	正会員	石川恵司
同上	正会員	堺田佳人
株式会社	正会員	北條 豊
同上	正会員	山本伊作

1. はじめに

電気式コーン貫入試験(以降、CPTU と記す)は、ボーリング調査に比べ、迅速かつ原位置にて力学、物理特性を把握することができ、地盤調査、土構造物およびその下位の地盤などの現状調査において有効な手段である。しかし、現時点でCPTUは鉛直下方貫入が前提である。斜め下方貫入が可能となれば、その活用範囲は格段に広がるものと考えられる。

本研究は、CPTUの新たな可能性を見出すことを目的として、鉛直(90°)貫入が前提であるCPTUを斜め下方(75°、60°、45°)に貫入し、斜め下方へ貫入するための方法や所要時間、鉛直貫入や室内土質試験結果等との比較などを行った。

本稿(その3)では、斜め下方貫入に必要な治具、スクリーアンカーの設置方法などを紹介する。加えて、通常の鉛直貫入に対して斜め下方に貫入した場合のスクリーアンカー設置等の所要時間や試験の所要時間等を確認し、これらに基づく斜め下方貫入1mあたりの鉛直貫入試験単価(標準試験単価)に対する割増比(案)を提案する。

なお、試験位置等の実験概要の詳細については、参考文献1)を参照されたい。

2. 試験準備

CPTUは、図-1に示す自走式専用貫入車等により鉛直下方にコーンプローブを静的に貫入しながら、コーン貫入抵抗 q_c 、周面摩擦 f_s 、間隙水圧 u を深度方向に連続測定する試験である(q_c 、 f_s 、 u 以外にも貫入時のコーンプローブの傾斜角度、温度の測定も行っている)。今回実験に用いた自走式専用貫入車は車両質量約2,200kgであるが、写真-1に示すスクリーアンカーに延長ロッドを継ぎ足して図-1に示すように設置することで、地盤の状態にもよるが最大で165kNの貫入力を得ることができる。

本実験では、車両質量のみでは貫入時の反力不足が懸念されたため鉛直貫入同様、スクリーアンカーに延長ロッドを継ぎ足して設置することとした。ただし、本実験における斜め下方貫入のスクリーアンカーは、図-2に示すようにコーンプローブの設定貫入角度と同等の角度で設置した。

スクリーアンカーの設置は、自走式専用貫入車のスクリーアンカー設置装置を所定の設置角度(≒貫入角度)に傾け、写真-2に示す治具を自走式専用貫入車に取付けて角度を保持できるよう工夫した。スクリーアンカー等の設置(貫入試験を実施するにあたっての準備作業完了まで)に必要な時間は、鉛直貫入を基準とした場合、表-1に示すように鉛直からの傾きが大きくなるにつれ設置時間が多くかかることが確認できた。加えて、必然ではあるがスクリーアンカーの設置角度の傾きが大きくなるにつれてスクリーアンカーの延長ロッドの本数も多く必要となることも確認できた。

3. 試験の所要時間等について

CPTUの所要時間等についてまとめたものを表-2に示す。貫入角度が90°(鉛直)と同等の貫入長の試験を斜め下方貫入で実施する場合、貫入速度、貫入角度が一定であれば貫入角度の傾きが大きくなるにつれ同一深度に達するまでの貫入長は長くなり、貫入用ロッドの継ぎ足し作業などを含めた貫入に要した全ての時間(以降、試験時間と記す)もその分

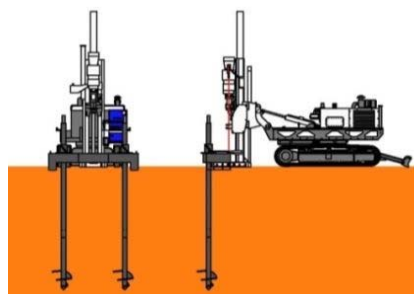


図-1 鉛直貫入時のスクリーアンカー設置状況(概略)

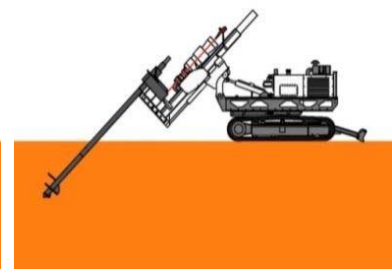


図-2 斜め下方貫入時のスクリーアンカー設置状況(概略)



写真-1 スクリューアンカーと延長ロッド



写真-2 スクリューアンカーガイド

表-1 鉛直(90°)設置に対する時間比

設置角度(°)	実測角度(°)			鉛直(90°)に対する時間比
	右側	左側	平均値	
90(鉛直)	—	—	—	1.00
75	66.8	64.9	65.9	2.23
60	62.0	57.7	59.9	2.65
45	45.0	46.0	45.5	3.85

長くなると考える。

今回試験を実施した各設定貫入角度における貫入長を 90° (鉛直) を基準として対比すると、設定貫入角度 75°、60°、45° の順に 1.03 倍、1.17 倍、1.52 倍となる(因みに、鉛直距離 1m を一定の貫入角度 75°、65°、45° で斜め下方に貫入した場合の斜距離はそれぞれ、1.04m、1.15m、1.41m となる)。また、90° (鉛直) を基準とした実際の試験時間を対比すると、設定貫入角度 75°、60°、45° の順に 0.97 倍、1.17 倍、1.28 倍となる。

これらの結果から、鉛直貫入と斜め下方貫入の試験時間の差異は、斜め下方貫入による作業の煩雑さや手間の増加などによるものはほとんどなく、大半が貫入長の差異によるものであることがわかる。しかし、貫入長比と実際の試験時間比を比較すると、設定貫入角度 75°、45° は、貫入長比よりも実際の試験時間比の方が小さくなっている。これは、表-2 に示す 1m 貫入するのに要する時間、すなわち貫入速度や貫入角度によるばらつきが影響しているものと考えられる。

因みに、今回 CPTU に加えて実施したラジオアイソトープ貫入試験(RI-CPT)²⁾の試験時間は、CPTU 同様、貫入角度の傾きが大きくなるにつれ長くなる結果となっている。

次に、試験完了後(貫入完了後)に行うコーンプローブ引抜き作業の時間比は、90° (鉛直) を基準とすると、貫入角度 75°、60°、45° の順に 1.44 倍、2.10 倍、2.42 倍となる(表-2 参照)。この結果から、コーンプローブ引抜きに要する時間は、先に示した試験時間同様、貫入角度の傾きが大きくなる、すなわち貫入長の増加に伴い長い時間を必要とするが、試験時間(貫入時間)における貫入長比とは同等でない。これは、90° (鉛直) の引抜き方法が通常のボーリング作業時に使用するトングを用いてほぼ連続的にロッドを引抜くのであるのに対し³⁾、貫入角度 75°、60°、45° 時のロッド引抜き方法は貫入したロッド先端に写真-3 に示す治具を取付け、自走式専用貫入車にてロッドを引抜くためであると考えられる。この治具は、引抜いたロッドの連結部で切離す度に外しては次の引抜きを行うロッドに取付けるという作業を、貫入した最終ロッドを引抜くまで繰り返す行わなければならない。つまり、斜め下方貫入後のコーンプローブの引抜き作業は貫入作業と異なり、貫入角度の傾きが大きくなればなるほど作業はより煩雑になり、手間も増えることが分かった。

4. 斜め下方貫入 1m あたりの標準試験単価に対する割増比 (案)

スクリーアンカー等の設置結果、試験の所要時間等を基に、通常の鉛直貫入における 1m あたりの標準試験単価に対して、今回実施した各貫入角度における 1m あたりの割増比を試算した(表-3 参照)。鉛直貫入に対する斜め下方貫入の試算した割増比は、貫入角度 75°、60°、45° の順に 1.15、1.23、1.45 となる。なお、CPTU の鉛直貫入 1m あたりの標準試験単価の算出に当たっては、「全国標準積算資料 土質調査・地質調査(平成 27 年度改正歩掛版)」(以降、同資料と記す)を参考とした。

上記に示す試算した各貫入角度における 1m あたりの割増比と同資料に示されるボーリング調査の傾斜による割増比(90° (鉛直) を基準とした場合、傾斜角度 80° ~60° で 1.1~1.2、60° ~40° で 1.2~1.4、40° ~10° で 1.4~2.0)を比較すると、ほぼ同等の割増比であった。したがって、斜め下方貫入における 1m あたりの CPTU 標準試験単価に対する割増比は、ボーリング調査の傾斜による割増比と同様、貫入角度 60° までが 1.1~1.2 程度、貫入角度 45° までが 1.2~1.4 程度でよいのではないかと考える。

5. まとめと今後の課題

試験準備や試験の所要時間、CPTU の斜め下方貫入の標準試験単価に対する割増比(案)等について本実験にて確認できたことは、①斜め下方にスクリーアンカー等を設置するには自走式専用貫入車に設置角度を保持する治具や工夫が必要、②スクリーアンカーの設置角度の傾きが大きくなればなるほど設置時間は多く掛かる、③試験時間(貫入時間)は、貫入長に比例して増加するが、引抜き時間は試験時間のように貫入長に比例するのではなく、貫入角度の傾きが大きくなればなるほど作業はより煩雑になり、手間も増え時間が多く掛かる、④斜め下方貫入の標準試験単価に対する割増比は、ボーリング調査の傾斜による割増比とほぼ同等である。

今後は、今回実験を行った地盤よりも強固な地盤(N 値が比較的高く、多少の礫分を含むような地盤)を対象に斜め下方貫入による実験を実施し、今回確認した事象を改めて検証し、場合によっては修正を行う必要があると考える。加えて、斜め下方貫入がスムーズに行えるような治具の開発や工夫を考案していく所存である。

参考文献

- 1) 北條豊, 松浦良信ほか: 電気式コーン貫入試験の斜め下方貫入への試み(その 1: 実証実験概要), 第 14 回地盤工学会関東支部発表会, pp.416-419, 2017.11
- 2) 長澤遼, 重富正幸ほか: 電気式コーン貫入試験の斜め下方貫入に関する研究(その 5: 斜め下方 RI-CPT 結果の評価), 第 53 回地盤工学会研究発表会(投稿中), 2018.7
- 3) 石井正紀, 高橋千代丸ほか: 電気式コーン貫入試験の斜め下方貫入への試み(その 2: 貫入方法や所要時間等について), 第 14 回地盤工学会関東支部発表会, pp.420-422, 2017.11

表-2 CPTU の所要時間等

設定貫入角度(°)		鉛直(90)	75	60	45
CPTU	貫入長(m)	20.85	21.50	24.33	31.61
	鉛直貫入に対する貫入長比	1.00	1.03	1.17	1.52
	鉛直貫入に対する実際の試験時間比	1.00	0.97	1.17	1.28
	1m貫入するために要する時間(分)	1.5	1.4	1.5	1.3
	鉛直引抜きに対する時間比	1.00	1.44	2.10	2.42
RI-CPT	貫入長(m)	20.85	21.50	24.33	31.61
	鉛直貫入に対する貫入長比	1.00	1.03	1.17	1.52
	鉛直貫入に対する実際の試験時間比	1.00	1.02	1.10	1.53
	1m貫入するために要する時間(分)	1.5	1.5	1.5	1.6

注1) 表中の貫入長は、実際に貫入した斜距離を示す。

注2) 表中の1m貫入するために要する時間は、ロッド継ぎしなどの作業時間も含む。

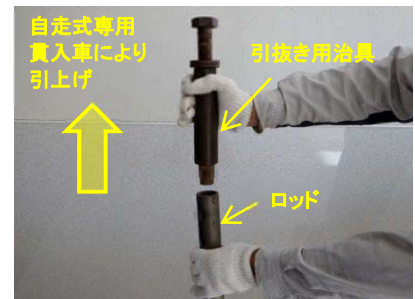


表-3 各設定貫入角度における 1m あたりの CPTU 割増比

貫入角度(°)	90°(鉛直) に対する 割増比
90(鉛直)	-
75	1.15
60	1.23
45	1.45