

計測ボーリングと三軸試験による強度定数の比較

横浜国立大学工学部

坂梨 仁哉, 谷 和夫, 我妻 達弥

1. はじめに: ロータリーボーリング中に掘削変数を計測する計測ボーリング(Instrumented Drilling :ID)技術が確立され、掘削の状況を定量的に把握できるようになってきた(谷, 1999)。掘削係数の有効利用が模索されている中で図1に示すように、軸力 Q とトルク T を用いて地盤の強度特性値である見かけの粘着力 c_{ap} と見かけのせん断抵抗角 ϕ_{ap} を連続的に求める振動給圧式サウンディング(Instrumented Drilling with Cyclically Controlled Thrust :ID-CCT)が提案された(中込他, 2000) : (三枝他, 2002)。しかし、限られた岩種や土質でしか強度特性値の比較がされていない。そこで、適応地盤の範囲を拡大することにより、サウンディング手法としての信頼性向上を図ることを研究の目的とした。特に、50mまでの深度に対して1m毎にデータが得られる標準貫入試験の補間的な手法としてID-CCTサウンディングを確立することを目指す。

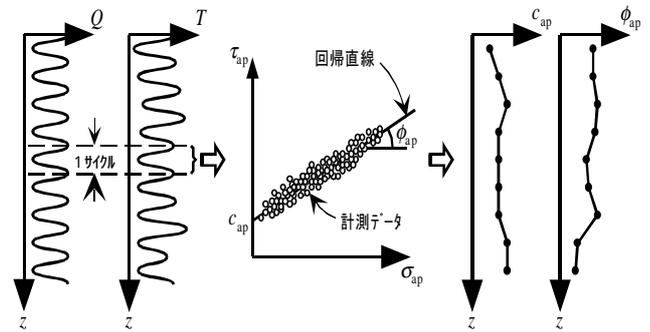


図1 振動給圧式サウンディングの概念図

2. 検討方法: 図2に検討フローを示す。ID-CCT サウンディングを実施したサンプリングで得られた試料を用いて三軸圧縮試験を行い強度特性を求め、同深度でのID-CCTサウンディングの結果とを比較する。

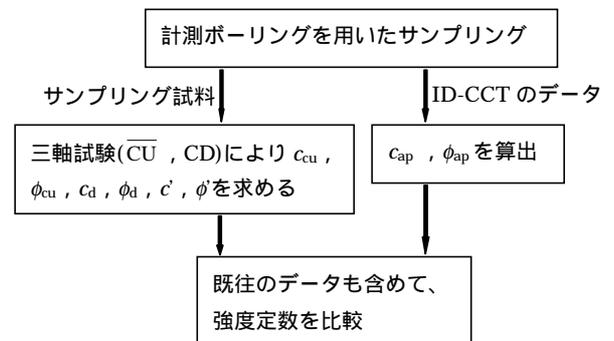


図2 検討方法のフロー

2-1. ID-CCT サウンディング: 実験サイト(埼玉県三郷市)の地盤の概要を図3に示す。ID-CCT サウンディング(Q の振動数 0.2Hz, Q の振動の中心 500~100N, Q の振幅 300~1000N, 呼び径 86mm)はコア孔とノンコア孔で実施。ボーリング(孔 B1,B2)の柱状図の情報も加味したものである。

2-2. 室内試験: 各地層の物理試験の結果を表1に示す。検討する対象の層は、コア孔より乱れの少ない試料が得られた5つの層とする。物理試験は土粒子の密度試験, 粒度試験, コンシステンシー試験, 最大密度・最小密度試験を行い、三軸圧縮試験は、粘性土に対してはCU試験、砂質土に対してはCD試験を行い強度特性値を求めた。各層の名称は地盤材料の工学的分類と、深度の浅い順に振った数字で表す。

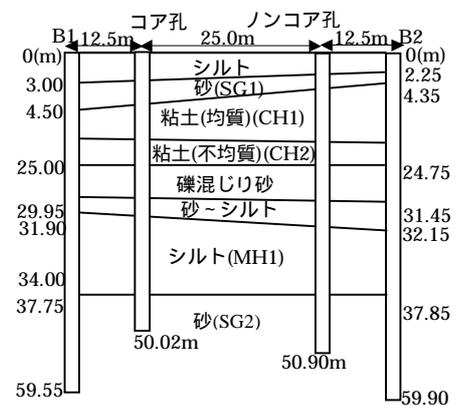


図3 実験サイトの地盤の概要

表1 物理試験結果一覧

| 地層 | 深度(m) | 土粒子の密度 ρ_s (g/cm ³) | 液性限界 w_L (%)/ 最大密度 ρ_{max} (g/cm ³) | 塑性限界 w_p (%)/ 最小密度 ρ_{min} (g/cm ³) | 塑性指数 I_p / 密度指数 Dr (%) | 粗粒分 (%) | 細粒分 (%) |
|-----|-----------|--------------------------------------|---|---|-------------------------------|---------|---------|
| SG1 | 2.8~4.2 | 2.64 | -/1.57 | -/1.25 | -/92.86 | 100.00 | 0.00 |
| CH1 | 11.2~13.7 | 2.70 | 66.20/- | 25.50/- | 40.50/- | 25.00 | 75.00 |
| CH2 | 24.4~27.4 | 2.71 | 76.30/- | 33.07/- | 43.20/- | 42.80 | 57.20 |
| MH1 | 34.2~37.3 | 2.78 | 51.80/- | 33.65/- | 18.10/- | 45.00 | 55.00 |
| SG2 | 37.7~43.2 | 2.64 | -/1.61 | -/1.30 | -/95.55 | 100.00 | 0.00 |

キーワード: 計測ボーリング, 振動給圧式サウンディング, せん断抵抗角, 大深度地下

連絡先: 横浜市保土ヶ谷区常盤台 79-5 土木工学棟・045-339-4038

3. 検討結果：図4、図5に、ID-CCT サウンディングによる c_{ap} 、 ϕ_{ap} と三軸圧縮試験による c_{cu} 、 c' 、 c_d 、 ϕ_{cu} 、 ϕ' 、 ϕ_d の比較を示す。

3-1. 粘着力との比較：砂質土・粘性土ともに $c_{ap}=0(\text{MPa})$ に近い値をとっており、三軸圧縮試験の結果と合致しているが、軟岩に対するサウンディング結果もほぼ $c_{ap}=0(\text{MPa})$ をとっている。サウンディングとしては精度が低いと判断せざるを得ない。

3-2. 内部摩擦角との比較：図5において有効応力で解析した粘性土のデータを見ると、細粒分がCH1の75.00(%)のもの比べ、CH2の57.00(%)、MH1の55.00(%)のように少ないものについては、砂質土(SG)と等しい程度の精度でサウンディングの結果が出ている。しかし、細粒分が75.00(%)のCH1については、 $\phi' < \phi_{ap}$ という結果となった。また、砂質土でも細粒分が(SF)・(SG)と少なくなるにつれてサウンディングの精度が上がってきている。以上のことから、細粒分の含有率にサウンディングの結果が影響されていることがわかる。

3-3. まとめ：粘性土と、砂質土の比較を行った今研究で次の二点が明らかになった。 c_{ap} について、現段階では、ID-CCT サウンディングは精度が低いと判断せざるを得ない。 ϕ_{ap} との比較では、土質・岩種によって異なる傾向のサウンディング結果が得られる。

現段階では、算出した ϕ_{ap} と、サンプリングした試料との目視などと合わせて検討することで、ある程度サウンディングとしての利用が可能である。しかし、信頼性向上に向け、さらにID-CCT サウンディングと実験データとの比較を行い、岩種におけるサウンディング結果の傾向を確認する必要がある。

4. おわりに：標準貫入試験の限界深さが30~50mといわれている。ID-CCT サウンディングが確立されるならば、大深度地下における強度特性の把握も容易になるであろう。

参考文献：(1) 谷和夫,他：電力中央研究所報告,U98021,1999。(2) 我妻達弥,他：大深度地下利用における地盤および構造物の調査・計測技術 p.p4-11~4-16,2002。(3) 三枝弘幸,他：土木学会論文集 No.722,2002。(4) 中込敦久,他：第35回地盤工学研究発表会 pp.2239-2240,2000。

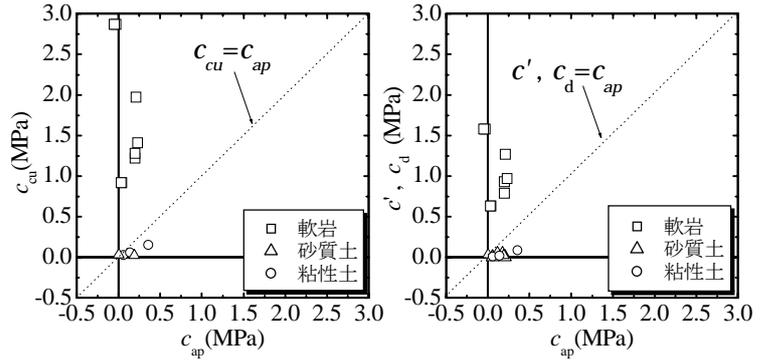


図4 c_{ap} と c_{cu} 、 c' 、 c_d との比較

左：全応力解析・右：有効応力解析

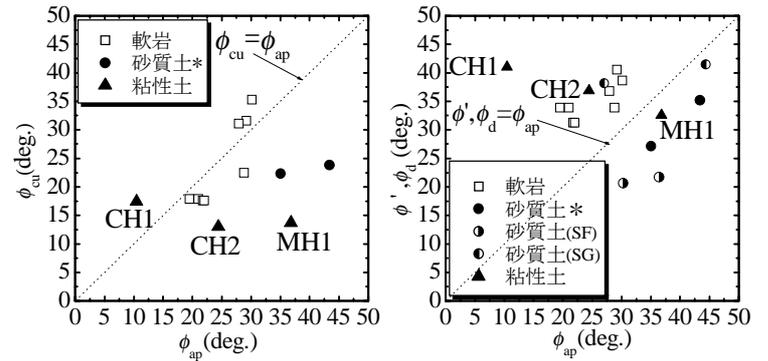


図5 ϕ_{ap} と ϕ_{cu} 、 ϕ' 、 ϕ_d

左：全応力解析・右：有効応力解析

・砂質土*については既往の研究で行われたCU試験の結果。地盤材用の工学的分類は(SF)質量百分率(%)礫分0.0,砂分82.1,細粒分17.9

表2 比較結果一覧表

| | 全応力解析結果 | 有効応力解析結果 |
|-----|-------------------------|--|
| 軟岩 | $\phi_{cu} < \phi_{ap}$ | $\phi' > \phi_{ap}$ |
| 砂 | $\phi_{cu} < \phi_{ap}$ | $\phi' < \phi_{ap}(\text{SF})$ $\phi_d < \phi_{ap}(\text{SF})$ $\phi_d < \phi_{ap}(\text{SG})$ |
| 粘性土 | $\phi_{cu} < \phi_{ap}$ | $\phi' < \phi_{ap}(\text{細粒分 } 75\%)$ $\phi' < \phi_{ap}$ |