

多成分コーン貫入試験法の適用限界および試験結果の解釈

その1 土質性状タイプおよび換算N値について

多成分コーン、コーン貫入試験  
掘進併用試験法  
試験結果の解釈、適用限界  
土質性状タイプ、換算N値

正会員 ㈱地盤試験所 岡 信太郎  
正会員 山口大学 三浦 房紀  
正会員 山口大学 兵動 正幸  
正会員 ㈱常盤地下工業 瀬原 洋一

1 はじめに

コーン貫入試験 (CPT) 法は静的圧入による原位置地盤調査試験法の一つである。特に比較的軟弱な地盤では連続した信頼性の高いデータが得られるため、欧州や北米では最も一般的な地盤調査試験法として定着している。しかしながら、比較的硬い地盤では大きな反力を必要とする一方、過大な押し込み力によってプローブが破損する恐れがある。特に日本国内によくある礫混じり地盤へのCPT試験の適用が困難と考えられ、CPTが普及しない要因のひとつとなっている。筆者らはコーン貫入試験法の国内地盤への適用限界を明らかにするために、比較的硬い風化頁岩地盤において多成分コーンによる貫入試験を実施した。さらに標準貫入試験(SPT)も同時実施し、両試験法による試験結果の比較検討を行い、土質性状タイプの分類方法およびN値の換算方法について検討した。

2 試験概要

1)試験装置 反力装置、圧入装置、ならびにプローブは、それぞれプレボーリングタイプリピートアンカーシステム、小型軽量66DT小型圧入機、ならびにサイスマックコーンを付加した5成分コーン貫入試験用プローブを使用した。

2)試験手順 コーン貫入試験は穿孔掘進併用試験法を採用した。地表からプローブを貫入させ、貫入不能となった時点で一旦プローブを引き上げ、穿孔掘進してから貫入試験を再開する繰り返しによる試験法である。なお、今回の現場では掘削孔の崩壊を防ぐため、GL-12mまでケーシングを建込んだ。

3 試験結果

標準貫入試験の結果(柱状図)および3成分コーン試験結果(先端抵抗、周面摩擦および間隙水圧)を並べて図-1に示す。貫入試験中の間隙水圧は、全地層にわたってゼロになっている。今回の試験地盤は図-2に示す間隙水圧消散試験の結果からも伺えるように、過剰間隙水圧の消散が早く、透水性が大きい。そのため、貫入試験中の過剰間隙水圧は、一旦上がってから、間隙水の急激な逸散の影響を受けて急激に消散し、ゼロよりも小さな値(負圧)を示したと思われる。

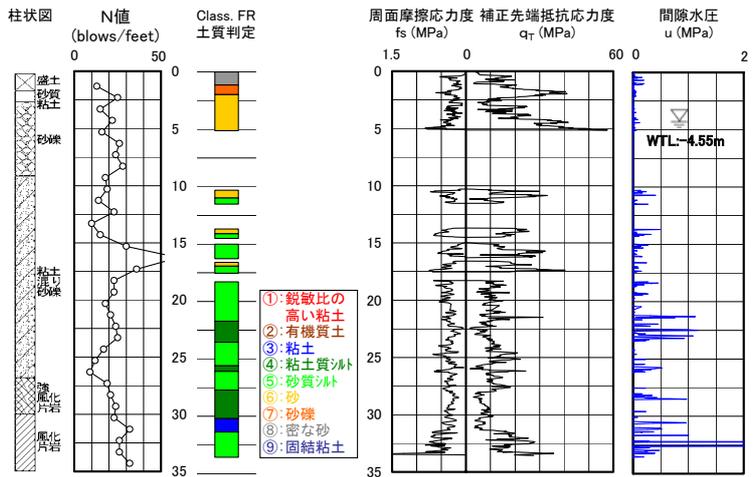


図-1 標準貫入試験の結果(柱状図)および3成分コーン試験結果

4 土質性状タイプ

土質性状タイプの分類は、Robertsonが提案した正規化先端抵抗  $q_{NT}$  および正規化コーン周面摩擦比  $f_{SN}$  を用いた方法に基づいて行った。その結果を図-3に示す。全般的に深さにつれて正規化先端抵抗が小さくなり、正規化摩擦抵抗比が大きくなる傾向を示していることがわかる。Robertsonの提案する土質性状タイプ分類チャートは、基本的に右下の隅から左上の隅に向かって土粒子の粒径が大きくなり、左下の隅から右上に向かって圧密度が上がる特性を持っている。たまたま今回の地盤構成も深さにつれて土粒子の粒径が小さくなっていること

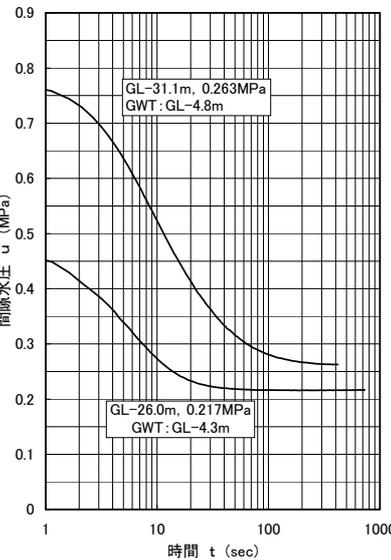


図-2 間隙水圧消散試験結果

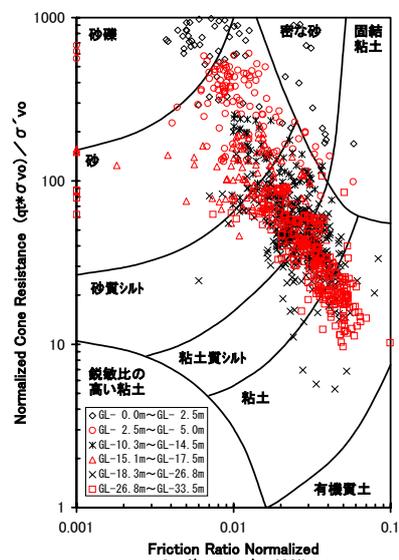


図-3 土質性状タイプの分布

から、図-3 に示すように土質性状タイプの分布が深さにつれて右下の隅へシフトする結果となった。また、標準貫入試験から得られた土質分類と合わせて表-1 に示す。両者に大きな相違があることは明らかとなった。例として、標準貫入試験ではGL-9.0m~-26.8m の間の地層を粘土混り礫層と判定し、ひとつの層としているのに対して、CPT 試験では、土質性状タイプ4、5および6 と判別され、深さにつれて土質の性状が変化していることになる。このように、標準貫入試験から得られるのは、目視による土質の確認およびN値であるのに対して、CPT 試験から得られるのは、土の貫入抵抗や、粘着力、間隙水圧などの土質性状であり、センサーを付加すればP波S波速度、電気比抵抗、サンプリングなども可能である。なお、土質性状による土質の特定は、ローカライゼーションが必要であると考えられる。

#### 4 換算N値

三成分コーン貫入試験による先端抵抗  $q_c$  と標準貫入試験により得られるN値との間の相互関係は、多くの研究者によって提唱されてきた。Campanella およびRobertson らはこれらの研究を要約し、 $q_c$  とN値の関係を、土質性状タイプを用いて提案している。SPT におけるサンプラーに伝えられる打撃エネルギーの60%に対応する打撃回数  $N_{60}$  は、土質性状タイプに対応する比率から推定するものである。提案された土質性状タイプとN値換算のための  $q_c/N_{60}$  比を表-2 に示す。

表-2 N値換算表 (Campanella ら提案)

土質性状タイプ (SBT)		$q_c/N_{60}$ 比
領域番号		
1	鋭敏な粘性土	2
2	有機質土	1
3	粘土~シルト質粘土	4.5
4	シルト分の多い土~粘土質シルト	2
5	砂分の多い土~シルト	3
6	砂~シルト質砂	4.5
7	礫混り砂~砂	6
8	固結した砂~粘土質砂	1
9	非常に硬く固結した粘性土	2

表-2 に基づいて換算したN値を標準貫入試験から得られたN値と並べて図-4 に示す。粒径の大きい土質性状タイプ6、7に対する換算N値は過大評価されていることが明らかである。標準貫入試験から得られたN値に合わせると、 $q_c/N_{60}$  比に対する修正係数  $\alpha$  は表-3 に示す値となり、粘土層から砂礫層までの間に、修正係数が1.3から3.5まで粒径の大きさにほぼ比例して大きくなっていることがわかる。修正後の換算N値は図-5 に示すとおりとなる。

表-3 N値換算修正係数表

深度(GL-)	層厚	土質別	土質性状タイプ	換算N値修正係数
(m)	(m)			$\alpha$
0.0 ~ -2.5	2.5	表層	6, 7, 8	3.5
-2.5 ~ -9.0	6.5	砂礫層	6	2.9
-9.0 ~ -15.0	6.0	粘土混り礫層	5, 6	2.4
-15.0 ~ -18.0	3.0	粘土混り礫層	5, 6	0.9
-18.0 ~ -26.8	8.8	粘土混り礫層	4, 5	1.5
-26.8 ~ -30.0	3.2	強風化片岩層	3, 4, 5	1.3
-30.0 ~ -36.0	6.0	風化片岩層	3, 4, 5	1.3

#### 5 考察およびまとめ

今回の試験は、山口地方の地盤構造調査に関する研究の一環として

行った試験である。これまで適用できないとされている礫混り地盤や、N値が30を超える硬い中間層のある地盤においても、掘進併用試験方法を採用することにより、コーン貫入試験の適用が可能であることが明らかとなった。また、前述のように、コーン貫入試験結果に基づく土質性状タイプの分類およびN値換算方法は、地盤構造の地域性による差異に大きく依存するため、ローカライゼーションの必要があることは明らかである。今後、試験データを蓄積整理し、ローカライズ方法を提案してゆく所存である。

なお、本試験は、文部科学省の科学研究補助金-基盤研究(B)(2)、課題番号 15310131、研究代表山口大学三浦房紀の一部で実施したものである。

表-1 土質性状タイプの分類結果

深度(GL-)	層厚	土質別	土質性状タイプ
(m)	(m)		
0.0 ~ -2.5	2.5	表層	6, 7, 8
-2.5 ~ -9.0	6.5	砂礫層	6
-9.0 ~ -15.0	6.0	粘土混り礫層	5, 6
-15.0 ~ -18.0	3.0	粘土混り礫層	5, 6
-18.0 ~ -26.8	8.8	粘土混り礫層	4, 5
-26.8 ~ -30.0	3.2	強風化片岩層	3, 4, 5
-30.0 ~ -36.0	6.0	風化片岩層	3, 4, 5

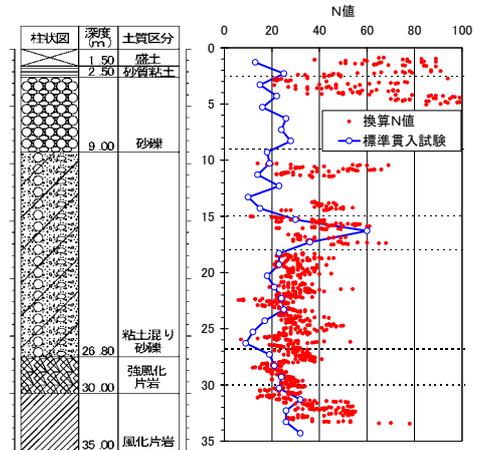


図-4 N値換算結果 (Campanella ら提案)

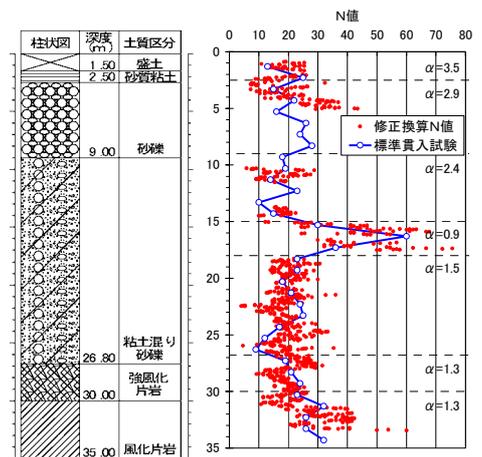


図-5 修正換算N値

Applicable limit of SCPTU and Interpretation of Its Results

1. Soil Behavior Type and Converted N Value

(株)地盤試験所 地質調査部調査二課 課長 岡 信太郎  
 山口大学 工学部 知能情報工学科 教授 三浦 房紀  
 山口大学 工学部 社会工学科 教授 兵動 正幸  
 (株)常盤地下工業 取締役技術部長 瀬原 洋一