

## 多成分コーン貫入試験結果の解釈—土質分類および地盤強度・変形係数について—

多成分コーン貫入試験	鉄道総合技術研究所	国際会員	○神田 政幸	鉄道総合技術研究所	国際会員	西岡 英俊
土質分類	鉄道総合技術研究所	国際会員	室野 剛隆	鉄道総合技術研究所	国際会員	野上 雄太
地盤強度及び変形係数	東日本旅客鉄道	国際会員	藤原寅士良	地盤試験所	正会員	西村 真二
	地盤試験所	国際会員	宮坂 享明	地盤試験所	正会員	北條 豊

### 1. はじめに

近年国内において、電気式コーン貫入試験に関わる試験装置が大幅に改善され、試験費用もかなり下がったことにより、実務経験が徐々に蓄積され、土木分野において地盤調査手法としての適用が広がりを見せている。特に多成分コーン貫入試験は一回の貫入試験で多くのデータが取れることで最も注目されている。

本報文では東北地方にある現場において、地盤構造の3次元的な形状把握、および地盤物性の調査を目的とした多成分コーン貫入試験結果を示す。また、多成分コーン貫入試験から間接的に得られる地盤強度や変形係数などを検証するため実施した平板載荷試験結果、および土質試料をサンプリングし実施した圧密非排水三軸試験（CU試験）結果についてもとりまとめた。

### 2. 多成分コーン試験概要

1) 試験装置 今回使用した圧入機は、図-1に示すアースアンカー方式簡易反力機構を備えた16t小型圧入機66DTである。この圧入機の特徴としては、アースアンカー反力方式のほか、パーカッションおよびボーリング機能などが挙げられる。また、プローブはVertek社製サイスミックコーンを付加した5成分（先端抵抗、周面抵抗、間隙水圧、P波速度、S波速度）で、許容先端抵抗応力度が100MPaのものを使用した。



図-1 CPT 圧入機

2) 試験内容および手順 地盤構成の確認および地盤物性の概略調査のために、多成分コーン貫入試験を実施した。調査地点においてアースアンカーを設置して、静的圧入により試験を実施した。

試験途中で硬い層により静的貫入ができなくなった場合は、まずはパーカッションに切替え貫通させた。パーカッションでも貫通できない場合はボーリングを行い硬い地層を貫通させている。硬い地層の貫通後、静的貫入を再開する手順とした。また、せん断波速度についてはコーン貫入試験時一定深度ごとに貫入を停止させ、板たたき法によりせん断波速度を測定した。なお、本調査ではP波速度の計測は実施しなかった。

### 3. 試験結果

#### 1) 土質分類および換算N値

図-2にコーン貫入試験結果、換算N値を示す。換算N値はJefferies and Davies(1993)が提唱した方法により算定した。図中のNo1深度、No2深度で平板載荷試験および土質試料のサンプリングを行った。図-3に土質分類の結果を、図-4に粒度試験の結果を示す。図-3より土質試料を採集したGL-4.5mおよびGL-5.5mの深度において、粘土やシルト、砂などが混ざった地層と推察できるものの、図-4に示される砂礫は確認できなかった。

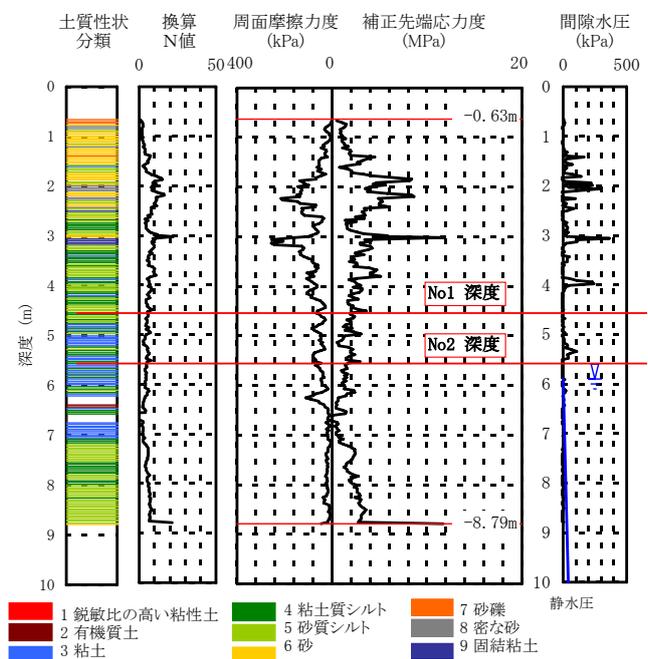


図-2 コーン貫入試験結果

#### 2) 地盤せん断強度及び内部摩擦角φの推定

一般にコーン貫入試験結果から地盤強度を推定する際、粘性土の場合はコーンファクタ(Nk)を、砂質土の場合は内部摩擦角(φ)を用いるが、今回の地盤は中間土であるがコーンファクタ法を用いてみた。コーンファクタはRobertsonらが提案した値の中間値(Nk=15)を適用した。

Interpretation of Multi-component Cone Penetration Test: Soil Classification, Shear Strength and Compression Stiffness KODA Masayuki<sup>1)</sup>; NISHIOKA Hidetoshi<sup>1)</sup>; MURONO Yoshitaka<sup>1)</sup>; NOGAMI Yuta<sup>1)</sup>; FUJIWARA Torajiro<sup>2)</sup>; MIYASAKA Takaaki<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> Railway Technical Research Institute; <sup>2)</sup> East Japan Railway Company; <sup>3)</sup> Jibanshikenjo Co., Ltd.

その結果を CU 試験結果と一緒に図-5 に示す。No1 深度ではほぼ一致するものの、No2 深度ではコーン貫入抵抗からの推定値が過小になった。

$$S_u = (q_c - \sigma_{v0}) / 1000 N_k$$

ここで、 $S_u$ :非排水せん断強度 (kN/m<sup>2</sup>)、 $q_c$ :先端抵抗 (kN/m<sup>2</sup>)、 $\sigma_{v0}$ :全土被り圧 (kN/m<sup>2</sup>) である。

一方、内部摩擦角  $\phi$  は次式により算定した。

$$\tan \phi = 0.38 \log (q_c / \sigma_{v0})$$

ここで、 $\sigma_{v0}$ :有効土被り圧 (kN/m<sup>2</sup>) である。内部摩擦角  $\phi$  の計算値と実測値を図-6 に示す。No1 深度、No2 深度ともに両方はほぼ一致していることがわかる。

### 3) 地盤変形係数

地盤変形係数はひずみレベルに依存することは周知の通りである。

よって平板載荷試験から得られる地盤の変形係数を同定するため、図-7 に示す各種試験方法ごとのひずみレベルを考慮した補正係数  $\alpha$  (図-7 に示す) が定められている。今回は多成分コーン貫入試験、平板載荷試験、および圧密非排水三軸試験の三つの試験方法から得られた地盤の変形係数について比較検討した。

- ① S 波速度 :  $E_f = 2G(1+\nu)$ ,  $G = \rho V_s^2$
- ② 換算 N 値 :  $E_N = 2500N$
- ③ 三軸圧縮試験 :  $E_{50CU}$
- ④ 平板載荷試験 :  $E_{PLi} = B(1-\nu^2)I_p/k_i$   $E_{PLr} = B(1-\nu^2)I_p/k_r$

ここで、 $E_f$ :S 波速度による変形係数 (kN/m<sup>2</sup>)、 $G$ :せん断弾性係数 (kN/m<sup>2</sup>)、 $\nu$ :ポアソン比 (0.35)、 $\rho$ :地盤密度 (kg/m<sup>3</sup>)、 $E_N$ :N 値による変形係数 (kN/m<sup>2</sup>)、 $N$ :N 値、 $E_{50CU}$ :CU 試験による変形係数 (kN/m<sup>2</sup>)、 $E_{PLi}$ :1%変位時の割線地盤反力係数  $k_i$  による変形係数 (kN/m<sup>2</sup>)、 $E_{PLr}$ :1%変位時の除荷時の地盤反力係数  $k_r$  による変形係数 (kN/m<sup>2</sup>)、 $B$ :載荷幅 (m)、 $I_p$ :形状係数 (0.79) である。

図-7 に検討結果を示す。三軸圧縮試験および S 波速度による  $\alpha Ex$  が他の結果と比べてやや大きいこと、換算 N 値による  $\alpha Ex$  が平板載荷試験のそれにはほぼ一致することがわかる。

### 4. まとめ

砂礫を含む中間土を対象とした多成分コーン貫入試験、平板載荷試験、および圧密非排水三軸試験より、次の結論が得られた。

- ① 砂礫を含む中間土の場合、土質性状分類チャートのみで土質を分類することがやや無理がある。
- ② コーンファクタを 15 にして求めた非排水せん断強度は、CU 試験から得られた値の 1/2~1 倍程度の値を与える。一方コーン貫入試験から得られる内部摩擦角  $\phi$  は、CU 試験から得られた値ほぼ一致する。
- ③ 多成分コーン貫入試験から得られる S 波速度より地盤の変形係数を求めることが可能である。

#### 【参考文献】

- 1) 岡信太郎, 山崎貴之, 丸山修, 青木一二三, 瀧山清美, 剣持芳輝, 宮坂享明: 多成分コーン貫入試験結果 その1 土質成分分類や換算 N 値について, 第 41 回地盤工学研究発表会発表講演集, No. 75, 2006.
- 2) 宮坂享明, 山崎貴之, 丸山修, 青木一二三, 瀧山清美, 剣持芳輝, 岡信太郎: 多成分コーン貫入試験結果 その2 弾性波速度および土質画像イメージ, 第 41 回地盤工学研究発表会発表講演集, No. 76, 2006.

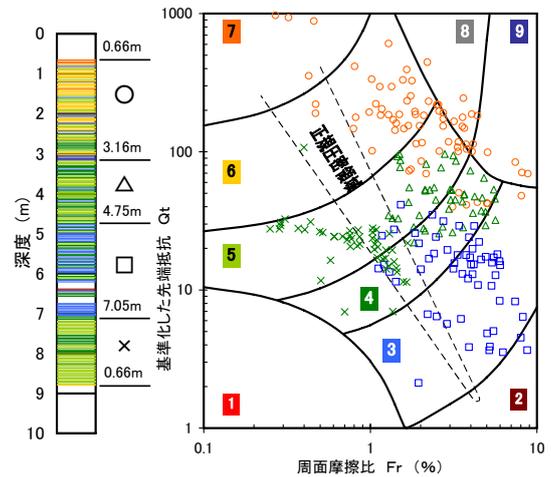


図-3 土質分類

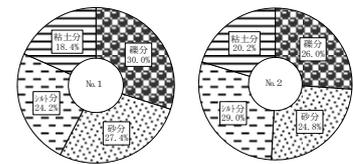


図-4 粒度分布

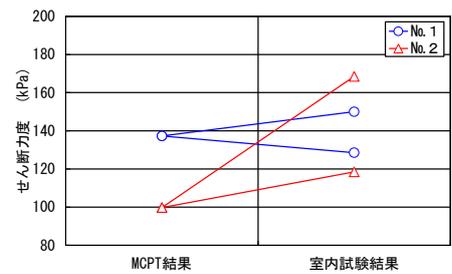


図-5 地盤せん断強度の比較

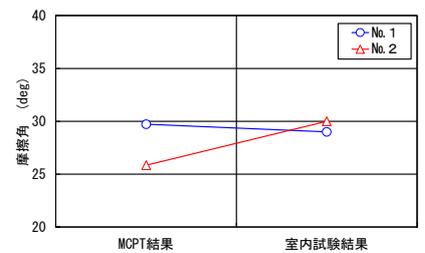


図-6 内部摩擦角  $\phi$  の比較

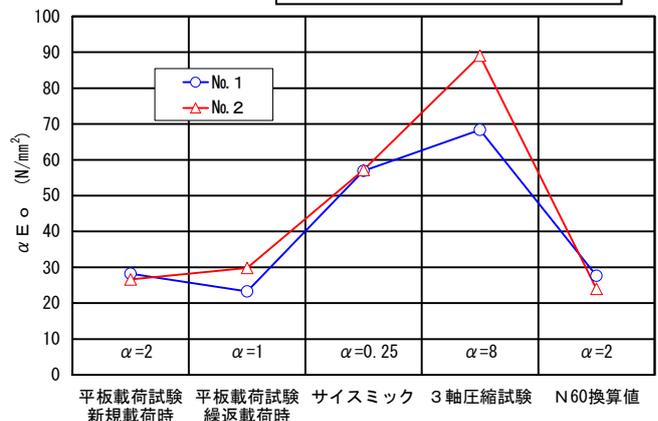


図-7 等価変形係数の比較