

## 自然堆積粘性土地盤の強度特性評価における原位置ベーンせん断試験の適用性

東亜建設工業 正会員 ○三枝弘幸 深沢 健  
 港湾空港技術研究所 正会員 渡部要一 田中政典

## 1. はじめに

原位置ベーンせん断試験(以下, FVT)は, 現地盤のせん断強さを短時間に計測することができるサウンディング方法の一つである. その簡便性から, 諸外国では一般的に用いられている方法ではあるが, 我が国において採用されることは極めて少ないのが現状である. これは, 対象とする地盤やその硬軟の程度といった, 適用範囲(適用地盤)やその測定精度(信頼性)の不明確さも一要因であると考えられる. 本稿では, 従来対象とされている均質な軟弱粘性土地盤のみならず, 堆積環境により異なる特徴を有する世界各地の代表的な粘性土地盤を対象として実施したFVTの結果を, 併せて実施した各種試験の結果と比較し, その信頼性について検討を行ったので報告する.

## 2. 地盤概要および試験概要

対象とした地盤は, 粘性土地盤の堆積地であるルイズビル(カナダ), オンソイ(ノルウェー), カントー(ベトナム)である. 図-1にFVTの実施位置を, 表-1に地盤の特性をそれぞれ示す. ルイズビル粘土, オンソイ粘土ともに高塑性の特徴を有しており, また, 我が国の粘土と比べても, 石英などの高い細粒分含有率により $\rho_s$ もやや高い傾向を示している. ルイズビル粘土は, 力学的過圧密に加えて, セメンテーションによる影響も見られ, OCRが2.6~3.0と他の試料よりも高い. また, カントー粘土は, 堆積環境を大河メコン川の土砂輸送に大きく依存しており, 過去に発生した洪水等に起因した薄い砂層の挟在が確認される. 各粘土ともに, 詳細は文献 1), 2), 3)を参照されたい.

原位置ベーンせん断試験方法は JGS1411 に準拠し, 押込み式を採用した. ベーン試験機は, ベーンシャフトにボールベアリング付センタライザが取り付けられており, 保護管との摩擦の影響を極力小さく抑えるような構造となっている. なお, ベーンは直径 $D=4\text{cm}$ , 高さ $H=8\text{cm}$ のものを使用し, 回転速度は $6^\circ/\text{min}$ である.

また, FVT から得られるデータの信頼性を比較検討するために, 表-2に示す室内試験を実施した. すなわち, 原位置の有効応力と同等の応力状態で再圧縮した状態からせん断を行う CAU(異方圧密非排水三軸圧縮試験・伸張試験)<sup>4)</sup>および DST(圧密定体積一面せん断試験)<sup>5)</sup>である. これらの試験方法は, 原位置と同等の応力状態を供試体内に再現し, 強度回復させることによって, サンプルング時や輸送時の試料の乱れおよび応力解放の影響を最小化していることから, 実際の



図-1 FVT 実施位置

表-1 地盤の特性

| 調査地点  | 塑性指数<br>$I_p$ | 自然含水比<br>$w_n$ (%) | 土粒子密度<br>$\rho_s$ (g/cm <sup>3</sup> ) | 過圧密比 <sup>*1</sup><br>OCR |
|-------|---------------|--------------------|--|---------------------------|
| ルイズビル | 47~57         | 60~90              | 2.76~2.78                              | 2.6~3.0                   |
| オンソイ  | 47~63         | 53~71              | 2.76~2.79                              | 1.2~1.6                   |
| カントー  | 22~50         | 40~80              | 2.65~2.72                              | 1.2~1.9                   |

※1: 定ひずみ速度圧密試験により算出

表-2 実施試験概要

| 試験名                          | 試験概要   |
|------------------------------|--|
| 異方圧密非排水三軸圧縮・伸張試験 (CAUC・CAUE) | 圧密圧力: 有効土被り圧 $\sigma_{v0}$<br>せん断速度: 0.1%/min  |
| 圧密定体積一面せん断試験 (DST)           | 圧密圧力: 有効土被り圧 $\sigma_{v0}$<br>せん断速度: 0.2mm/min |

キーワード: 原位置ベーンせん断試験, 粘性土, せん断強さ, コーン貫入試験

連絡先 〒230-0035 横浜市鶴見区安善町1丁目3 東亜建設工業 技術研究開発センター TEL045-503-3741

地盤の強度を評価する最も有効な方法といわれている。なお、室内試験に用いた不攪乱試料は我が国の基準に基づいて、固定ピストン式シンウォールサンプラーによりできるだけ乱さないように注意を払って採取したものである。また、CAU に用いた  $K_0$  値は三軸セルによる  $K_0$  圧密試験により算出し、全ての試料で 0.45~0.55 の範囲であった。

### 3. 試験結果

図-2 に三成分コーン貫入試験 (CPT) による貫入抵抗  $(q_t - \sigma_{v0})/N_{kt}$  および FVT によるせん断強さ  $s_{u,FVT}$ 、各室内試験により算出されたせん断強さ  $s_{u,CAU}$  (CAUC と CAUE の平均)、 $s_{u,DST}$  の深度分布を示す。なお、 $N_{kt}$  は FVT 結果との相関により算出したコーン係数、 $\sigma_{v0}$  は土被り圧をそれぞれ意味している。ルイズビルやオンソイ地盤は、CPT 結果から比較的均質な堆積構造であることが読み取れる。一方、対照的に、カントー地盤

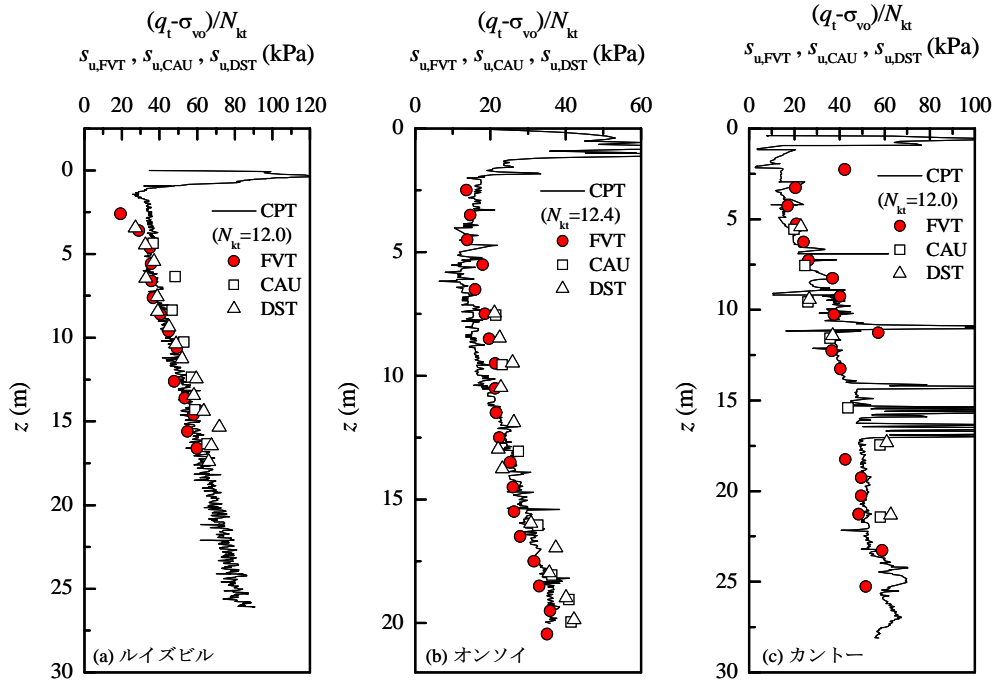


図-2 各地盤におけるせん断強さの深度分布

盤では CPT 結果に深度によって大きな変化が見られる (11m 付近および 14.5~17.5m)。これは、上述の堆積環境による薄い砂層の存在を顕著に捉えているためである。なお、この 14.5~17.5m は非常に密な砂地盤の互層であり、ベーンの出しが困難であったため FVT は実施していない。したがってカントー地盤のこの範囲を除けば、いずれの地盤に対しても、FVT 結果は CAU や DST 結果と良く一致しており、地盤の強度評価に対して再圧縮法と同等の非常に高い推定精度を有していることがわかる。この結果は、FVT がオンソイのような比較的均質な柔らかい粘性土地盤だけにとどまらず、ルイズビルのような力学的過圧密やセメンテーションによる脆性的な特徴を有する粘性土地盤やカントーのように非常に薄い砂層であれば互層地盤にも広く適用可能であることを示唆している。しかしながら、FVT は砂や繊維が多く含まれる地盤において、せん断強さを過大評価してしまうことも周知の事実である。今後、高い信頼性のもとに FVT を適用することができる地盤範囲を、さらなるデータの蓄積により明らかにしていくことが重要である。

### 4. まとめ

代表的な自然堆積粘性土地盤を対象として FVT を実施した。その結果、FVT より推定されるせん断強さは、地盤の強度を評価する最も有効な方法である再圧縮法の結果と比較しても差異が確認されなかった。したがって、今回対象とした 3 種類の粘性土地盤に対しては、強度評価における FVT の高い適用性が示された。今後は、 $I_p$  や砂分含有率等の特徴の大きく異なる地盤を対象として同様の検討を行うことでデータを蓄積し、FVT が適用できる地盤をより明らかにしていくことが必要である。

【参考文献】 1) S. Leroueil et al. : Geotechnical characterization and properties of a sensitive clay from Québec, *Characterisation and Engineering properties of Natural Soils*, A.A.Balkema, pp.363-394, 2003. ; 2) T. Lunne et al. : Characterisation and engineering properties of Onsoy clay, *Characterisation and Engineering properties of Natural Soils*, A.A.Balkema, pp.395-427, 2003. ; 3) 渡部ら : メコンデルタ粘土の堆積構造の特徴について~ベトナム・カントーの事例~, 第 41 回地盤工学研究発表会, pp.245-246, 2004. ; 4) Berre, T. and Bjerrum, L. : Shear strength of normally consolidated clays, *Proceeding of the 8th International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering*, Vol.1, pp.39-49, 1973. ; 5) 半沢 : 地盤のローカル性と技術の地域格差を克服するための新しい試み, *土と基礎*, Vol.38, No.12, pp.29-34, 1990.