

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2:実績とこれからの利用)

電気式コーン貫入試験 斜め下方貫入 活用方法

(株)地圏総合コンサルタント 正会員 ○中川清森
 (株)地圏総合コンサルタント 特別会員 佐渡耕一郎
 (株)地圏総合コンサルタント 特別会員 相澤明宏
 基礎地盤コンサルタンツ(株) 正会員 武政 学
 (株)地盤試験所 正会員 高橋千代丸
 ソイルアントロックエンジニアリング(株) 国際会員 後藤政昭
 中央大学 国際会員 齋藤邦夫

1.はじめに

電気式コーン貫入試験は、様々な分野の土質調査において、国際的にも利用頻度の高い調査手法の一つである。国内でも、「三成分コーン」の俗称で、詳細な地盤性状を把握する際の一手法として利用事例は多かったが、今回、国内においては初めて斜め下方への貫入試験を試行し、その有効性を検証したことにより、その活用範囲はさらに拡大することが期待される。

本報告では、斜め下方貫入試験に関する海外での既往研究成果をレビューすると共に、①供用中の道路・鉄道盛土調査での活用、②河川堤防調査での活用、③既設構造物・建築物直下地盤調査での活用等を題材として、その有効活用方法や可能性・課題について提言を行う。

2.既往研究のレビュー

2.1 既往の研究事例

電気式コーン貫入試験(CPTU)は、軟質の堆積物からなる沖積層において、原位置での地盤特性を測定するために過去数十年間にわたって広く使用されてきた。CPTUは、標準形状(直径3.57cm、先端角60°の円錐)を有するプローブを、20±5mm/secの速度で土中に押し込み、先端抵抗、周面摩擦、間隙水圧の測定値を得るものである。測定は、通常は表層から鉛直方向に行われ、層区分と地盤特性に関する情報を得ることができる。現在、鉛直方向のCPTUを実施するために使用される装置は、斜め方向にCPTU(ICPT)を実施するために改良することが可能であるが、得られた情報の解釈は解明されていない状況である。以下に、水平および斜めCPTUに関する3編の既往研究成果について記す。

Broere and van Tol (1998)¹⁾は、密度の異なる砂質土を作製し、鉛直/水平CPTUを実施した。この結果、中程度に密な砂では水平先端抵抗値は、鉛直先端抵抗値よりも最大20%高い事を見出し、空洞拡張モデルにより解説を行った。さらに、Broere and van Tol (2001)²⁾は、砂地盤の相対密度や細粒分含有量に着目し、粒度分布と相対密度が異なる3つの砂地盤を作製して鉛直/水平CPTUを実施した。この結果、1998年の研究で結論付けた中程度の密度のときに先端抵抗の水平/鉛直比は最大1.2となるという傾向は、本研究のデータでは完全には実証されなかったが、一方で、周面摩擦と摩擦比(f_s/q_t)の水平/鉛直比は、平均粒径 D_{50} が大きくなると明らかに減少することが分かった。

Wei, Tumay, Abu-Farsakh (2005)³⁾は、鉛直コーン貫入試験(CPTv)と傾斜コーン貫入試験(ICPT)の先端抵抗と周面摩擦の測定値が異なる原因を調べるために、米国ルイジアナ州の3つの調査地点で、粘性土に対するミニチュアコーンを用いたCPTvとICPTの実験を実施した。また、空洞拡張モデルに基づき、静止土圧係数が $K_0 > 1$ の場合は貫入角が増加すると先端抵抗、周面摩擦は低下し、 $K_0 < 1$ の場合は貫入角が増加すると先端抵抗、周面摩擦は増加すると予測した。検証の結果、 $K_0 > 1$ の土層では、貫入角が増加すると予想通り先端抵抗は低下したが、周面摩擦は貫入角に相関した結果は得られなかった。一方、 $K_0 < 1$ の土層では、1つの調査地点を除いて、貫入角が増加すると予想通り先端抵抗、周面摩擦ともに増加した。ただし、貫入角45°では周面摩擦が急激に低下する現象が見られ、その原因は不明としている。

2.2 既往研究レビューのまとめ

以上の既往研究成果から、CPTUを斜め方向に実施する際には、地盤の粒度特性や静止土圧係数に加え、土の強度に関する異方性の有無を評価する必要があるものと考えられる。強度に関する異方性は、粒子の配向性による堆積構造の固有

Studies on inclined downward penetration of CPT
(Part2: Achievements and future use)

Seishin Nakagawa : Chi-ken Sogo Consultants Co., Ltd.
 Koichiro Sado, : Chi-ken Sogo Consultants Co., Ltd.
 Akihiro Aizawa, : Chi-ken Sogo Consultants Co., Ltd.

Manabu Takemasa : Kiso-Jiban Consultants Co., Ltd., Chiyomaru Takahashi: Jibanshikenjo Co., Ltd.
 Masaaki Goto : Soil and Rock Engineering Co., Ltd., Kunio Saito : Chuo University.

異方性と、鉛直方向の有効土被り圧 σ'_{v0} と水平方向の静止土圧 $K_0\sigma'_{v0}$ の異方的な応力状態による誘導異方性との影響を受けていると言われている。しかし、上記研究事例では、空洞拡張モデルにより斜め CPTU の測定値は傾斜角による初期応力で変化するものの、粘着力とコーン指数は貫入角に依存せず一律としている。こうしたことから、応力状態による誘導異方性のみではなく、堆積構造に起因する固有異方性も含めた評価を行う必要があるものと考えられる。

3. CPTU のこれからの利用

3. 1 CPTU の有効性

CPTU は通常の鉛直ボーリング調査に比べ迅速、かつ原位置試験にて多様な力学・物理特性(表 3.1 参照)を把握することができる。また、CPTU の斜め下方調査を実施すれば、通常の鉛直ボーリング調査では実施が困難な場所でも調査が可能となり、地盤調査の実施適用範囲が広がることが期待できる。

3. 2 CPTU の活用例

上記で述べた多様な地盤情報を取得できること、斜め下方 CPTU を利用することで通常の鉛直ボーリング調査では実施が困難な場所で地盤調査が実施することができるといった CPTU の有効性を活用することで、様々な場所で多様な地盤評価を行える可能性がある。CPTU の今後の有効な活用例を以下に述べる。

(1) 盛土での活用例

道路や鉄道の盛土調査を実施する際、斜め下方 CPTU を活用することで道路の規制を行うことなく、また、鉄道の営業時間内においても調査を行うことが可能となり、盛土の地盤構成や盛土下部の液状化・流動化の情報を容易に取得することができる。

また、築堤履歴が複雑な河川堤防では図 3.1 に示すように天端や小段などの複数箇所から斜め方向の調査を行うことにより、複雑な堤体構造を詳細に把握することが可能となる。

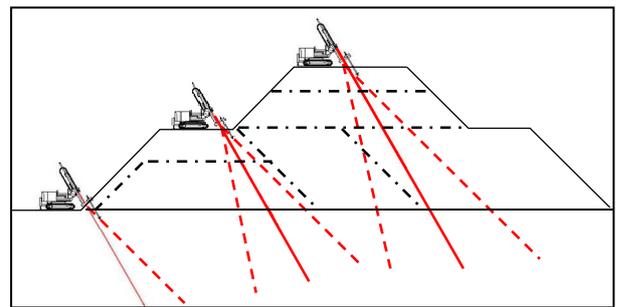


図 3.1 河川堤防での斜め下方 CPTU 活用例

(2) 既設構造物での活用例

橋梁や石油タンク、戸建宅地などの構造物は、撤去が出来ないためその直下の鉛直調査が不可能である。しかし、構造物の近傍から斜め下方 CPTU を活用(図 3.2)することで、構造物の解体・撤去をすることなく構造物直下の土質構造や空洞の有無、液状化の評価、支持力の評価を実施することが可能となる。また、既設杭基礎間においても、斜め下方 CPTU を活用することで杭を避けて杭間の地盤状況や物性、空洞の有無等を確認することができる。

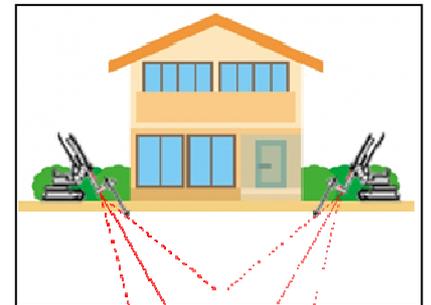


図 3.2 既設構造物での斜め下方 CPTU 活用例

(3) その他の活用例

河川や湖沼、港湾の底質調査を実施するには、通常台船や足場仮設が必要となるが、斜め下方 CPTU を図 3.3 に示すように陸地の近い地点から斜め下方方向の調査を実施することで台船や足場仮設が不要となり、迅速かつ安価に有効なデータを取得することが可能となる。

また、改良体周囲より改良体に向かって斜め下方に調査することで、改良体を損傷させずに先端抵抗と間隙水圧の上昇を把握し、改良体の施工状況や効果を確認することができる。

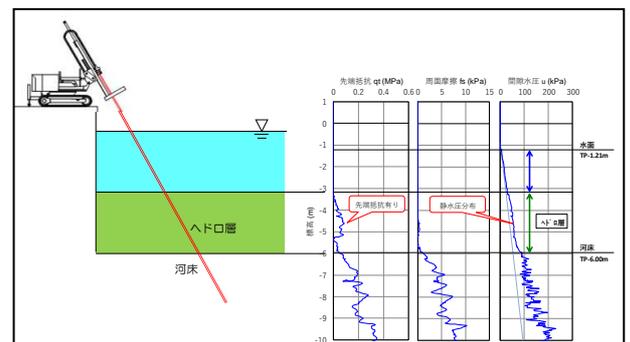


図 3.3 底質調査での斜め下方 CPTU の活用例

4. おわりに

CPTU は多様な地盤情報を取得することができ、地盤調査を実施する上で有効な手段であり、さらに斜め下方 CPTU を活用することで、通常の鉛直調査では実施が困難な箇所でも地盤情報を世界標準で取得することができる。

今後も、既往研究の成果や課題、今回実施した検証事例の成果を踏まえつつ、引き続き CPTU の活用事例を増やし、斜め下方 CPTU の有効性を実証していきたい。

<参考文献>

- 1) Broere, W. and Van-Tol, A. F., 1998, Horizontal Cone Penetration Testing, Geotechnical Site Characterization, Proceedings ISC'98, Robertson and Mayne, Eds., Rotterdam, pp. 989-994.
- 2) Broere, W. and Van-Tol, A. F., 2001, Horizontal Cone Penetration Testing in sand, Proceedings of the International Conference on In Situ Measurement of Soil Properties and Case Histories, Bali, Indonesia, pp.649-654.
- 3) Lei Wei, Mehmet T. Tumay, Murad Y. Abu-Farsakh3, 2005, Field Testing of Inclined Cone Penetration, Geotechnical Testing Journal, Vol. 28, No. 1