

新北九州空港における CPT を用いた互層状砂層厚さの推定

Estimation of the Thickness of Intermediate Sand Layers with CPT Method at New Kita-Kyushu Airport

豊饒智樹*・中野則夫**・渡邊和重***・米澤 朗****

BUNYU Tomoki, NAKANO Norio, WATANABE Kazushige and YONEZAWA Akira

* (財) 沿岸技術研究センター 調査部 主任研究員

** (財) 沿岸技術研究センター 研究主幹兼特命プロジェクト担当部長

***国土交通省 九州地方整備局 下関港湾空港技術調査事務所 所長

****国土交通省 九州地方整備局 北九州港湾・空港整備事務所 所長

New Kita-Kyushu airport is now under construction in the offing of KANDA and SHIN-MOJI and reclaimed with dredged clay. To control construction schedule, the authors estimated the volume of dumped clay by CONAN analysis and calculated consolidation by using compression index (C_c). To determine the thickness of the runway pavement in the course of consolidation process, the Cone Penetration Testing (CPT method) was conducted to know the thickness of intermediate sand layers which influences on consolidation. In the present paper, the merit of this method will be presented and the result showed good similarity with GIS method.

Key Words : Cone Penetration Testing(CPT), GIS, intermediate sand layer, consolidation, Kita-Kyushu Airport

1. はじめに

新北九州空港は、苅田沖土砂処分場及び新門司沖土砂処分場を利用して建設されている海上空港であり、この主要埋立材料は周辺航路整備で発生する浚渫土砂である。

浚渫土砂を用いた埋立では、新たに埋め立てられた土層の圧密と上載荷重が増加することによる既存の埋立土層の圧密現象が同時に進行する。新北九州空港では、埋立開始から表層処理までの埋立工程を自重圧密解析 (CONAN 解析) により、表層処理後の圧密を C_c 法を用い、その圧密度についてはウェルレジスタンスを考慮したバロンの式 (吉國の修正式) により予測してきた¹⁾。これら予測式のパラメータは、埋立高さや地盤改良仕様、プレ

ロード高さなどをより適切に判断するために現地での土質調査・沈下計測結果をフィードバックしながら修正してきた。

現在、空港施設に関連する3工区 (苅田工区、1工区、2工区) のうち、2工区での最終盛土作業が行われており、この施工スピードが工事終了までの工程を左右するクリティカルな工程となるため、沈下量に大きく影響する互層状砂層分布の把握は非常に重要である。

この調査法として、従来のボーリング調査と比較して試験の実施に要する時間が短く、砂層の深度分布を比較的精度良く調査することのできる電気式三成分コーン貫入試験 (以下 CPT と称する) を実施した。その概要と結果をまとめて紹介する。



写真-1 新北九州空港建設状況 (H16.3)

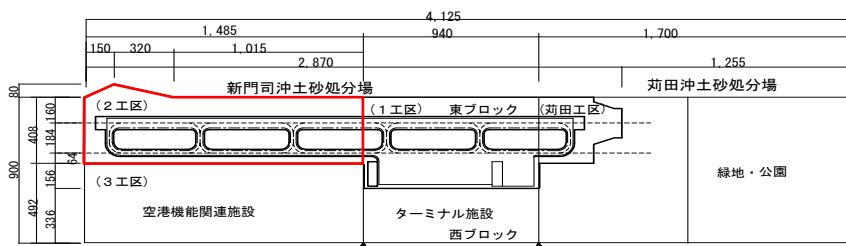


図-1 新北九州空港平面図 単位：m

2. 互層状砂層厚さの推定

2.1 検討の経緯

新北九州空港は、周辺航路の浚渫土砂を使用して埋め立てられており、その多くはシルト・粘土であり、供用開始までに最大で約 9m の沈下が予測されている。一方、場所によっては砂溜まり部が混在しており、またある場所ではシルト・粘土層に互層状の砂層が混在している。このような砂層は圧密せず、更にゆる詰め状態で骨格を形成して高止まりし、不同沈下の大きな要因となる。

新門司沖土砂処分場における埋立は、平成 10 年より開始され、平成 13 年度中に埋立工事が終了し、引き続いて表層処理および地盤改良が施工された。平成 16 年度は施設整備を中心に工事が行われるが、特に 2 工区では 1 工区に比べてこの整備期間中にも大きな残留沈下が発生するため、より詳細な沈下予測が必要となる。これに対して、前述の互層状砂層の影響を受ける場所では、局所的な沈下・高止まりが発生する可能性がある。

従来のボーリング調査では、各土層毎の詳細な情報を得ることができるが、調査自体に要する費用が大きくなり工期が延びる。また、各土層間の距離が短い互層状の地盤では、その土層分類が困難である。

このような課題を解決する方法として、CPT 調査を実施し、これまでの沈下予測手法を以下のように修正することとした。なお、これまでの検討の流れについては江頭ら²⁾に詳しい。

- ①土質調査結果（圧密試験結果）より圧密パラメータの修正が必要な場合にはパラメータを修正し、沈下量、必要覆土量、残留沈下量を算定する。
- ②CPT 調査結果より、互層状砂層厚さを推定し、①について各施工エリア毎の互層状砂層厚さを考慮した沈下解析を行う。
- ③各計測地点における力学試験結果及び沈下計測結果を考慮して、現状の圧密状況を概略把握する。これらの結果に基づき、平成 16 年度において土質調査が必要と考えられる地点を設定する。

2.2 CPT を用いた互層状砂層厚さの推定

CPT 調査は、従来のボーリング調査と比較して、以下のようなメリットがある。

- ①従来のボーリングに比べて、約 5 倍の速度でのサンディングが可能である。
- ②連続的なデータが得られるため、互層状の砂層推定に有利である。

今回、2 工区約 60ha に対し、第 1 回調査としてドレーン打設直後に 89 地点（図-3 参照）で CPT を実施して、更に第 1 回調査から約 4 ヶ月後の盛り土施工中に主要な 40 地点（図-3 参照）で追加 CPT 調査を実施した。砂層という判断は以下の項目を総合的に評価し、砂層と判断された部分を加算して、互層状砂層厚さとした。

- ①コーン貫入抵抗： $q_t \rightarrow$ 粘土層と考えられる 0~0.5MPa を大きく上回る場合、砂層である可能性が高い。
- ②間隙水圧： $u \rightarrow$ 静水圧と等しい場合は砂層である。
- ③Robertson³⁾が提案した土の判別手法 \rightarrow Robertson の分類表において、⑥、⑦、⑧に分類される土層は砂層である可能性が高い。

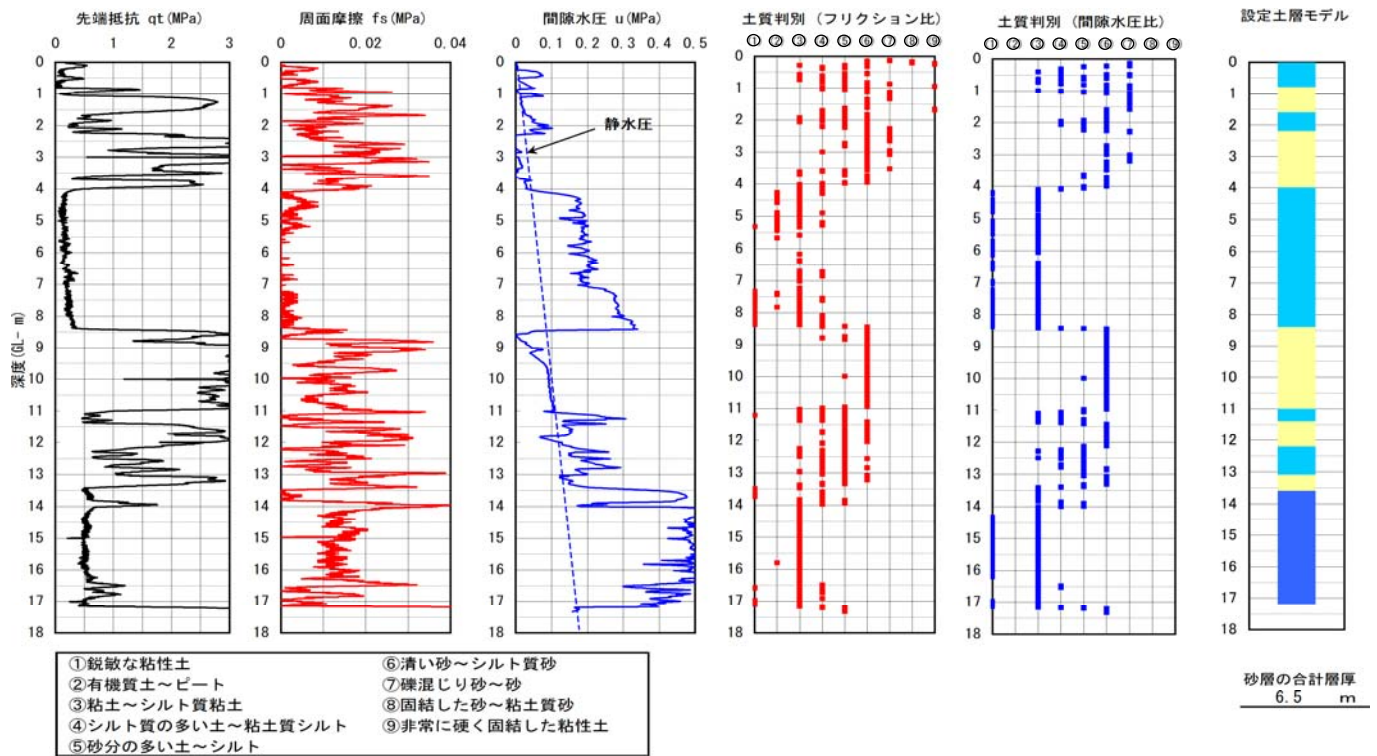
3. 検討結果

ドレーンによる地盤改良直後の第 1 回 CPT 調査より、各地点の互層状砂層厚さを推定した。この推定結果の代表例を図-2(a)に示す。判定の結果、この地点では合計で約 6.5m の互層状砂層が存在することが判った。また、図-2(b)の Robertson の土質分類表を見ると、得られたデータが有機質土から礫混じり砂~砂の幅広い土質分類に分布しており、土質性状の特定が困難な地盤であることを示唆している。

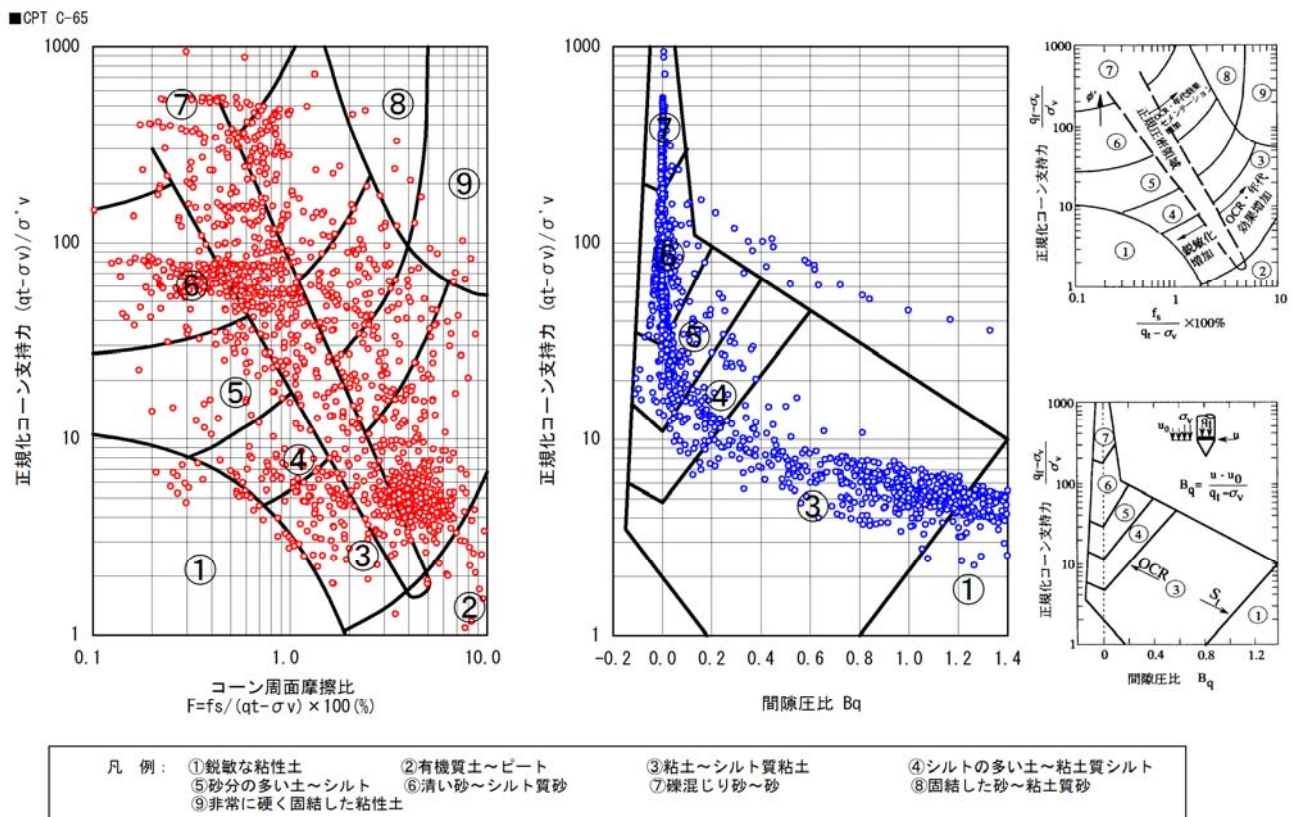
このようにして得られた、全調査地点の推定互層状砂層厚さの平面コンター図を図-3(a)に示す。この図より、2 工区では、砂層厚さが 0~14m の幅で非常に複雑に分布しており、特に 2 工区北西側では合計で 10m 近い砂層が混在していることが推察された。

図-3(b)に GIS 測量により得られた、2 工区における覆土载荷後の沈下コンター図を示す。図中、濃い部分が沈下量が大きく、淡色の部分が沈下量が小さい領域である。この沈下コンター図と互層状砂層厚さ推定コンター図を比較すると、非常に相関性が高く、互層状砂層厚さが大きな場所では沈下量が小さくなっており、互層状砂層が殆どない場所では沈下量が大きくなっていることが判る。

また、実施した第 2 回調査結果と第 1 回調査結果から推定した互層状の砂層厚さの推定値を比較したものが図



(a) 深度毎の測定結果及び判定結果



(b) コーン周面摩擦比および間隙圧比による土質分類

図-2 CPT 結果と互層状砂層厚さの推定結果の例

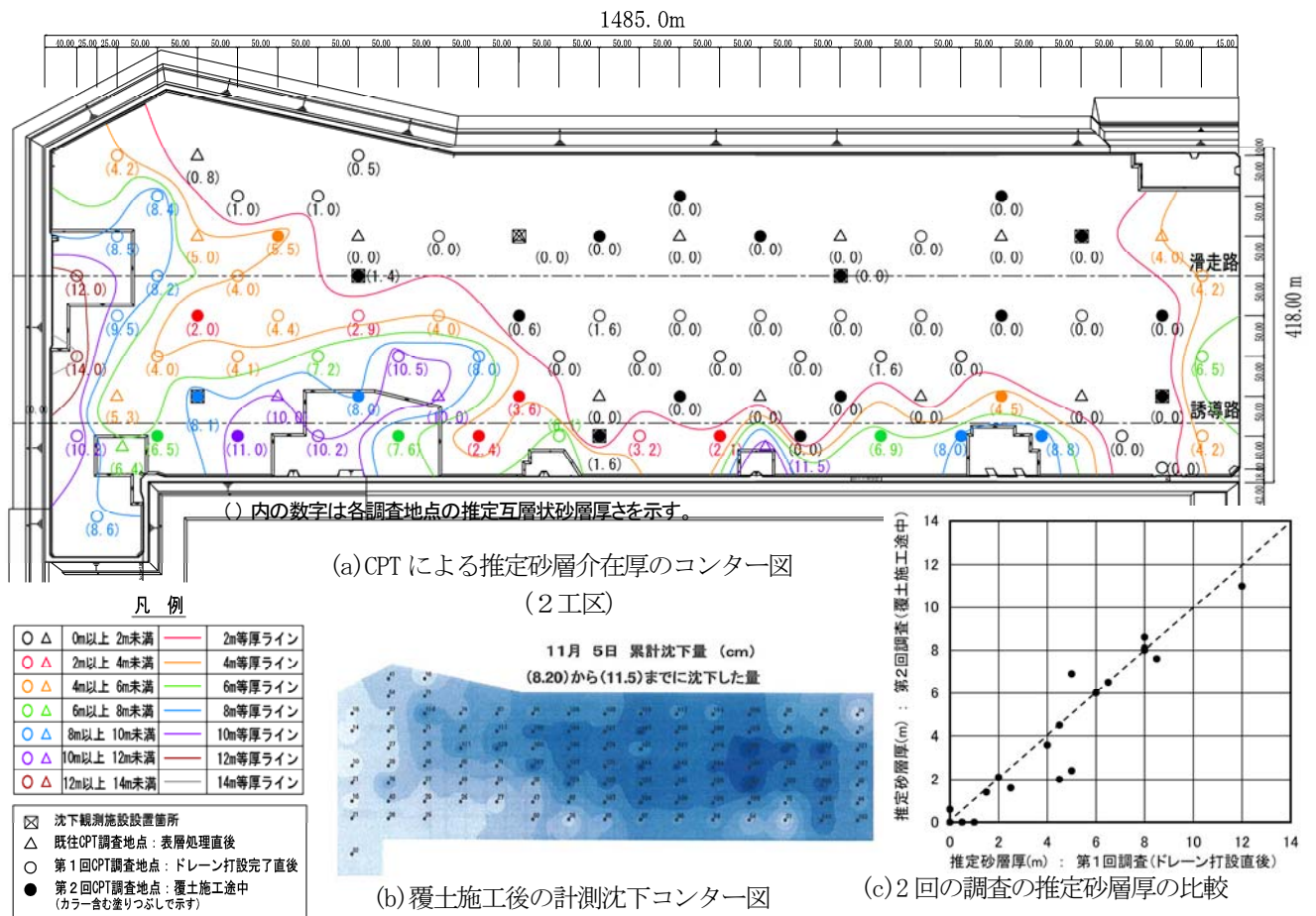


図-3 CPTによる推定互層状砂層厚さの平面コンター図

一3(c)である。図に示すように、同一地点で得られた2回の調査の互層状砂層厚さは、やや1回目の調査時の推定値が大きめに推定している傾向はあるものの、全体的には概ね良好に一致した。

即ち、第1回調査で推定した砂層は非圧密層であることが確認でき、またドレーン打設直後で未だ圧密沈下が殆ど発生していない時期の調査でも、CPT調査による判別でかなり精度良く互層状砂層厚さの推定ができることが判った。

5. 今後の課題

以上のように、圧密の初期段階でCPT調査を行うことにより、浚渫土砂を用いた埋め立て地において、非圧密層となる互層状砂層厚さの推定が可能であり、またこの結果と盛土施工中に実施したGIS測量による沈下計測結果は良好な一致を見た。

今後は本格的な施設整備に向けて、情報化施工管理(沈下観測計器、沈下板、挿入式傾斜計)による面的な計測や土質調査(圧密降伏応力、一軸圧縮試験)と併せて、適切な時期にCPT調査を行い、1工区での実績等も踏まえたより精度の高い沈下予測により、工程とコストの適正な管理を目指す。

謝辞

新北九州空港整備に当たっての技術課題への適切な対

応を図るため、「新北九州空港埋立検討調査委員会(委員長:落合英俊九州大学大学院工学研究院教授)」が設置されており、同委員会の委員の方々から多くのご助言及びご指導を頂いている。ここに記して厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 豊饒智樹・東俊夫・渡邊和重・中野則夫・中野勉 : 新北九州空港埋立工程における投入実質土量の推定と検証, 沿岸センター研究論文集, No. 3, pp. 49-52, 2003.
- 2) 江頭和彦・岩瀧清治・佐藤孝夫・片桐雅明・寺師昌明・吉福司 : 浚渫粘土による埋立の予測と評価, 土木学会論文集VI部門, No. 707, pp. 21-36, 2002.
- 3) Robertson, P.K. : Soil classification using cone penetration test, Can. Geotech. Jour., Vol. 27, No. 1, pp. 151-158, 1989.