

軟弱地盤上に建設された土構造物の新しい施工・沈下安定管理法

東亜・清水・国土総合・竹中土木・りんかい・株木JV 正会員 深沢 健 保坂 嘉彦
 関西国際空港株式会社 建設事務所 正会員 水上 純一 鈴木 隆

1. はじめに

軟弱な海底地盤上で埋立や盛土などにより土構造物を建設する場合、工学的に問題となるのは強度（安定）や沈下（変形）問題である。それら沈下安定管理を実施する上で、載荷重（層厚×単位体積重量）を効率良く把握することや局部的な偏荷重による地盤の破壊や不同沈下を防止するための均一載荷は重要である。沈下・安定計算を実施する時の載荷重・載荷履歴の設定は沈下板による実測が最も確実であるが、水深が大きく施工範囲が広大である場合、陸上工事のように沈下板を密に設置することはできない。そこで筆者はナローマルチビーム音響測深機（以下NMB）¹⁾とRTK-GPSを用いた深浅測量（図-1）により盛土層厚、沈下量および載荷履歴を把握できるシステムを開発し関西 期空港島築造工事において適用したところ、良い結果が得られた。本文は、その適用結果を報告するものである。

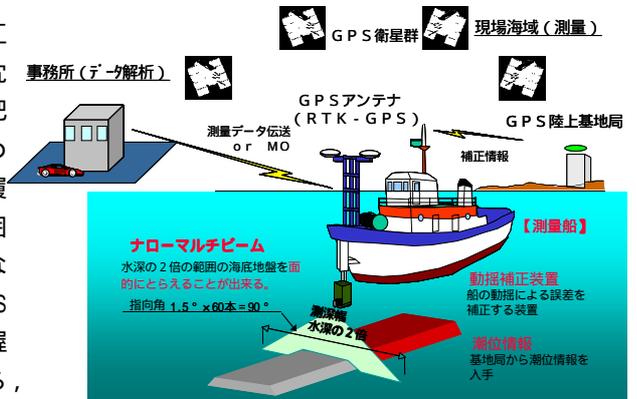


図-1 ナローマルチビームによる深浅測量

2. 本システムの概要

本システムは、図-2に示すように、2つの過程に大別される。

1つ目の「層厚・沈下量把握」の過程では、NMBにより得られた日々の深浅測量結果より、盛土層厚と沈下量を把握する。「施工（載荷）履歴取得」の過程では、土砂投入毎の土質情報と深浅測量データとを関連付けることで、施工エリア全域の載荷履歴（載荷重）を取得する。

これら、2つの過程から得られた結果より、任意地点（断面）における盛土層厚・沈下量・載荷重を把握でき、軟弱地盤における沈下安定管理に役立てることが可能となる。

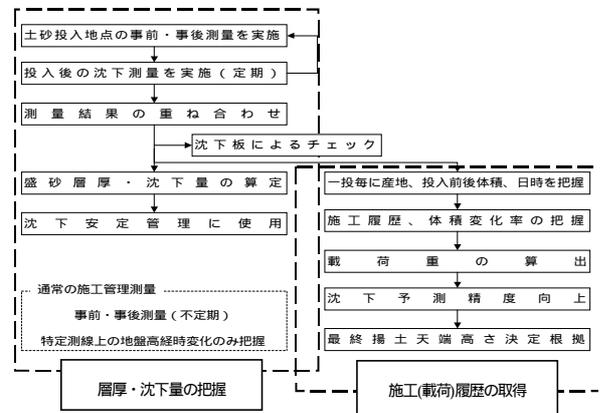


図-2 層厚・沈下量・載荷履歴解析フロー図

3. 層厚・沈下量の把握

土運船での土砂投入における深浅測量による層厚・沈下量把握の手法は次のとおりである。土砂投入前測量を出来るだけ広い範囲で実施する

投入完了後速やかに投入後測量を行う。との差より堆積層厚(T)を算出する(速やかに行う事で即時沈下量はゼロと考える) 投入期間の間隔が空く場合は定期的に沈下測量を実施し、その間の沈下量(S)を把握する 同様に2投目以降も～を繰り返し行う これにより、埋立土砂の全体の層厚・沈下量を把握できる。図-2は本手法によって求めた施工層厚の測定結果を鳥瞰図で示した図である。測定結果はこの他に平面コンター図での表示も可能であり、層厚を色分けすることで施工不良箇所や異常点を把握することができる。これは、沈下量においても同様に表示できる。図-4は沈下板付近を切った施工層厚・沈下量断面図である。1つ1つの線が土砂の投入実績を表示しており、図中には沈下板による測定値も併せて示してある。本システムによる測定精度は16mの施工層厚に対して±30cm、4mの沈下量に対して±20cmであり、施工管理上の精度として十分な結果が得られた。

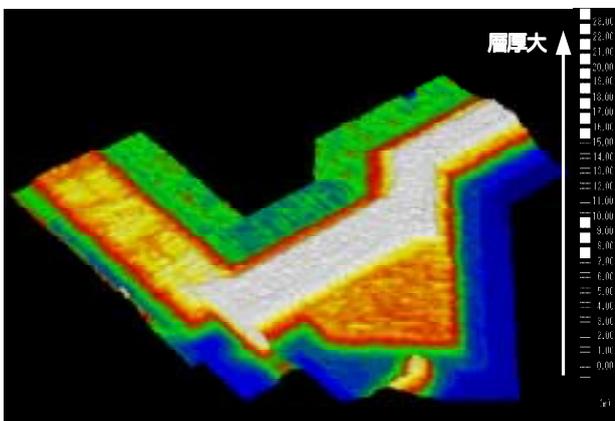


図-3 深浅測量による施工層厚鳥瞰図

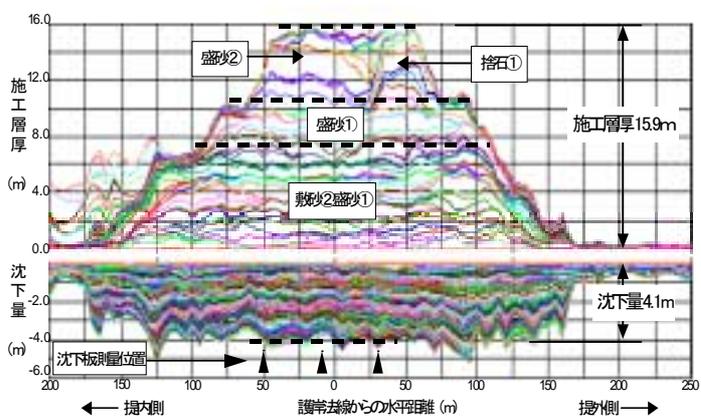


図-4 深浅測量による施工層厚・沈下量の断面

キーワード 軟弱地盤, ナローマルチビーム, 施工層厚・沈下量, 施工（載荷）履歴, 時間-沈下曲線
 連絡先 〒596-0015 大阪府岸和田市地蔵浜町11-1 TEL0724-39-0852 FAX0724-39-0854

4. 施工(载荷)履歴の把握

沈下計算を実施する上では、施工層厚を载荷重に換算する必要がある。施工(载荷)履歴取得の概念を示す。まず、土源にて土運船への土砂積み込み時、積載体積(V_1)、重量(W_1)、および含水比(w_1)により、土運船上での単位体積重量(γ_{t1})を得る。次に投入前後の測量結果より投入後の体積(V_2)を把握し、体積変化率($=V_1/V_2$)を算出する。これにより、投入後の水中単位体積重量(γ')を算出することができる。以後同様に繰り返し、施工履歴および载荷重を算出することができる。

以上の手法により得られた土運船投入前、後の体積変化率と γ' の頻度分布を図-4、5に示す。土運船にて運搬された埋立材は、海中に直投されることによりその体積が変化する。直投による体積変化には、埋立材の投入前後の体積変化と投入による原地盤へのめり込みおよび上载荷重による圧縮がある。深浅測量では、投入による原地盤へのめり込みと上载荷重による圧縮は評価できないため、今回はそれらを10%として検討を行った。直投による体積変化は、施工水深、土運船のハッチ形状、潮流等に影響されるが、得られた体積変化率は正規分布を示し、その平均値は1.20であった。 γ' は、土運船上の単位体積重量とそれぞれの体積変化率を用いて算出される。今回得られた γ' の平均は、12.4kN/m³であった。

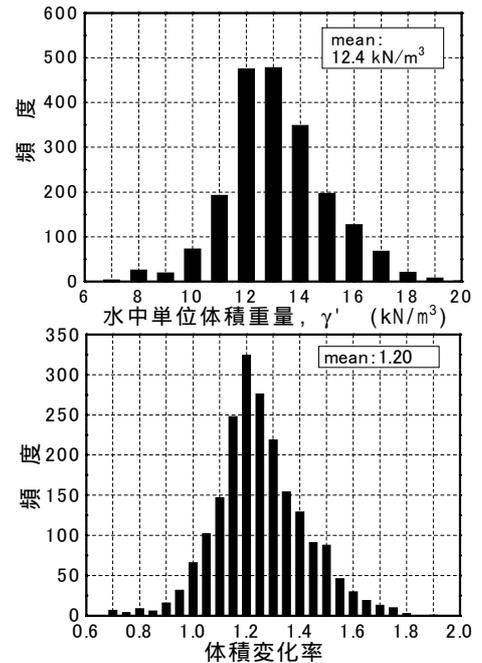


図-5 および体積変化率の頻度分布図

5. 時間-層厚(载荷重)・沈下量

図-6は沈下板付近の任意地点における载荷履歴および沈下量の経時変化を示したものである。深浅測量による沈下量は、沈下板による測定値とほぼ一致しており、本システムが沈下管理に適用できることが確認された。この時間-沈下曲線より、任意の地点で粘性土層の平均的な体積圧縮係数(m_v)と圧密係数(c_v)を求めることができる。この地盤特性を考慮した施工を行うことで、不陸の小さい埋立地盤の造成が可能となる。

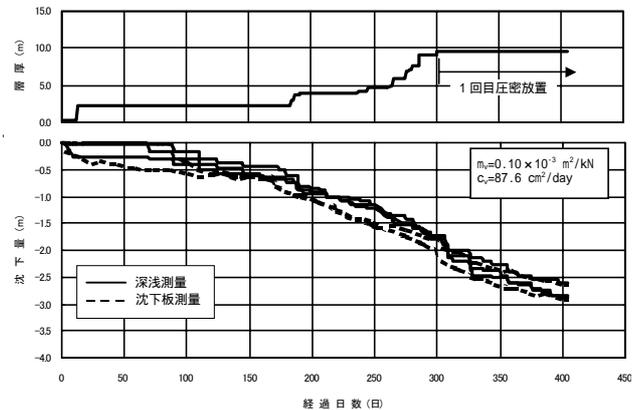


図-6 载荷履歴と時間沈下曲線

6. 大規模埋立工事への適用

前項までに、本工事で適用したNMBを用いた「層厚・沈下管理」について報告した。本項では、これらの方法を適用した大規模埋立工事の施工管理法を提案する。その概念を図-7に示す。施工管理は以下の方法で行う。

事前調査により、埋立範囲を層厚・土層構成等により幾つかの管理ブロックに区分する。

深浅測量により管理ブロック毎の施工層厚(载荷重)と沈下量を把握し、任意期間の時間沈下曲線を描く。

時間沈下曲線と事前調査および施工中の土質調査より、管理ブロック毎の m_v 、 c_v を算出する。

埋立部全体を、得られた施工履歴、粘性土層厚、および m_v 、 c_v によって施工エリア分けを行う。

区分した施工エリア毎に投入土量(载荷重)を調整する。

これらにより、将来的に不同沈下のないフラットな地盤を造成することができる。

7. まとめ

軟弱地盤上に建設される土構造物の施工・沈下・安定管理法として、NMB音響測深機を用いた深浅測量による方法について報告した。

本報告の結論を以下に示す。

- 1) NMB音響測深機を用いた深浅測量により得られた沈下量は、沈下板による沈下計測結果と良い一致を示す。そのため、沈下板がない任意の地点でも沈下量を把握することができる。
- 2) 深浅測量より得られる施工履歴と土運船に積み込まれた土砂情報から体積変化率や単位体積重量を把握でき、それにより载荷重、施工履歴および地盤特性の算出が可能である。

【参考文献】

- 1) 深沢 健, 平林 弘, 保坂 嘉彦, 増田 稔: 深浅測量による盛砂層厚・沈下量・施工履歴測定, 第36回地盤工学研究発表会, pp.183-184, 2001年7月.

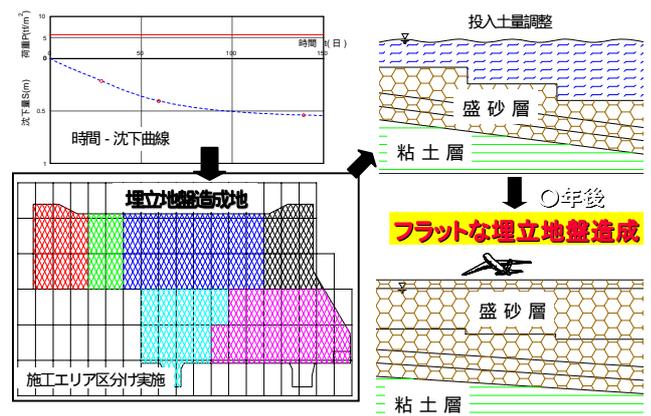


図-7 大規模埋立工事での施工管理法概念図