

VI-151 大規模埋立て工事における情報化施工システムの開発 その2

-- 土量管理に関する提案 --

鹿島建設(株) 正会員 松本 喬 正会員 高橋俊彦
正会員 佐藤 真 正会員 日比康生

1. はじめに

関西国際空港の空港島建設工事の土量管理のために現場に導入したパソコンと本店の大型コンピュータを接続し、大規模埋立て工事における情報化施工システムの開発を行い、すでにその概要を報告した¹⁾。今回は情報化施工システム中の土量管理における実際の運用に関して報告する。土量管理における問題は一般的に施工時の資材である土量の変化率と地盤の沈下による工事出来高の変化であると言える。特に、ウォーターフロント等における軟弱地盤上の埋立て工事に関する土量管理については土量変化率、原地盤へのめり込み、細粒分の流出等よりも、圧密沈下による工事出来高の変化の方が支配的であると考えられ、この点に工夫を行った。

2. 工事領域のモデル化と工事実績データの特徴・変換

図-1(a)に工事領域の概要を示す。本システムを適用した工事の特徴は工事領域が約90haと広くかつ複雑な形状をしていること、約1,800万m³の土量を軟弱地盤上に2年間の工期で埋め立てる点にある。土質工学的には工事海域の海底面から20mの深さまで沖積粘土層が続いており、この粘土層にサンドドレーンによる地盤改良工事が行われているということが上げられる。

図-2に施工法と工事実績データを示す。工事実績データは施工法ごとに若干異なるが基本的には日付、作業船名、施工座標位置、方位角、搬入土量などで構成され、このデータをコンピュータに記憶させることによって埋立て工事をシミュレーションすることができる。この工事実績データは図-1(b)(c)に示される様に10m×10mのグリッドでモデル化された工事領域内で堆積土量データ(グリッド番号、日付、堆積高さ、etc.)に変換される。変換は作業船ごとに搬入土量を複数のグリッド上に割当てていくもの

で、その膨大な計算量は図-3に示すように本・支店PBXを経由したネットワークを介して本店大型コンピュータを利用した。測量データ(X,Y,標高)はほぼ20m間隔の測線ごとに得られ、補間して堆積土量データと同様にグリッド上の形状データ(グリッド番号、標高)としてファイルに記憶される。

3. 圧密沈下計算と圧密逆算

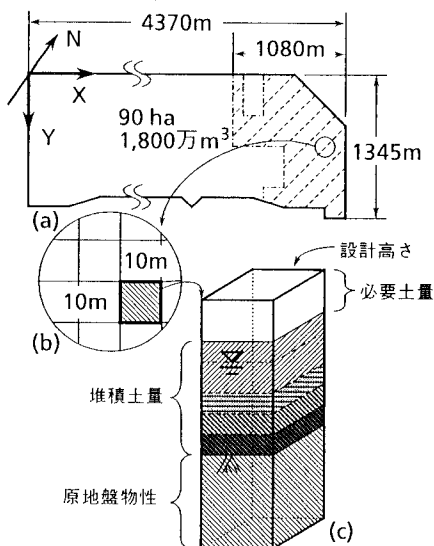


図-1 システム適用範囲とシステムの特徴

作業船	直接投入 ・底開バージ	ドライ揚土 ・箱型バージ ・ドライ揚土船	ウェット揚土 ・底開バージ ・ウェット揚土船
工 法	底開バージ 直接 D.L. -3m D.L. -8m 空港島	揚土 D.L. +9.5~+11.0m DRS D.L. -3m D.L. -8m	揚土 D.L. +9.5~+11.0m 掘削 底開バージ D.L. -3m 直接 D.L. -8m
工事 実績 データ	・日付、時刻、作業船名前、 搬入土量、資材コード ・投入位置(X,Y,方位角)	・日付、時刻、作業船名前、 搬入土量、資材コード ・投入位置(X,Y,方位角)、揚土範囲	・日付、時刻、作業船名前、 搬入土量、資材コード ・投入位置(X,Y,方位角)、揚土範囲 ・掘削位置(X,Y,方位角)、掘削範囲

図-2 施工法と工事実績データの特徴

沈下予測手法については双曲線法、浅岡法、t法など簡便で有効な方法があるが、関西国際空港の圧密沈下に関する観測とその圧密解析については既に学会等の論文²⁾³⁾で報告されている。本システムもこれらの論文に添って $m_v = a_n (p_n^i)^{-1.08}$ として1次元の圧密沈下計算を行った。圧密計算を行う場合、通常ボーリングデータと施工履歴から代表的な物性と代表的な荷重を用いるが、本システム中の圧密計算に用いた荷重は工事実績データをグリッド上の堆積土量データに変換した堆積高さを荷重データとしている。その結果全グリッドでユニークな荷重データを用いて圧密計算を行うことができ、施工順序や施工場所の特性を考慮することが可能になった。

沈下計測データがある場合には計測沈下量と予測沈下量を式(1)の係数に置くことによって、係数 a_n は式(2)逆算できる。ただし、 n : 沈下計測回数、 i : 層数 ($i=1, 2, \dots, \text{layers}$)、 P_n^i : 地盤内応力、 ΔP_n^i : 地盤内応力増分、 H_n^i : 層厚、 U_n : 圧密度、 δ_n^* : 計測沈下量とする。

$$\sum_{i=1}^{\text{layers}} m_{v_n}^i \times \Delta P_n^i \times H_{n-1}^i \times U_n = \delta_n^* \quad \dots (1)$$

$$a_n = \frac{\delta_n^*}{\sum_{i=1}^{\text{layers}} (P_n^i)^{-1.08} \Delta P_n^i H_{n-1}^i U_n} \quad \dots (2)$$

4. 土量管理

土量計算では搬入土量、必要土量、工事実績土量、必要搬入土量を計算することができる。搬入土量は工事実績データを集計することによって計算される。必要土量は ΔS をグリッドの支配面積として式(3)で計算され、圧密沈下計算結果が同時に土量計算に反映される。

$$\text{必要土量} = \sum [\{\text{設計値} - \text{現状高さ} - \text{予測沈下量}\} \times \Delta S] \quad \dots (3)$$

工事実績土量は測量データから計算され、施工によって実際に海中と陸上に完成した容積を表す。さらに必要搬入土量は必要土量に土量変化率(搬入土量/工事実績土量)を乗じることによって計算される。この必要搬入土量を施工能力と比較することによって工程管理に結びつけることも可能であると考えられる。また、堆積土量データの構成から資材、作業船、施工期間、施工領域別の土量計算も可能になっている。

5. まとめ

本システムは工事実績データをコンピュータ内で収集・変換し、埋立て工事をシミュレートし、圧密沈下計算を行い、その結果を土量管理に反映させることができる。盛り立て資材の圧縮特性、原地盤へのめり込み特性やシルト成分の流出状況など考慮すべき問題はまだ残されているが、今後増加が予想されるウォーターフロントにおけるビッグプロジェクトでの埋立て工事の土量管理の一助となれば幸いである。

参考文献

- 1) 松本喬・高橋俊彦・米田真・佐藤真: 大規模埋立て工事における情報化施工システムの開発、土木学会、土木学会第45回年次学術講演会講演概要集、第6部、pp.190~191、1990.10.
- 2) 及川研・天坂三朗・井上文三・岸田隆生: 関西国際空港におけるサンドドレーン改良地盤の沈下安定管理その2、土質工学会、第25回土質工学研究発表講演集、pp.1891~1894、1990.6.
- 3) 前田進・小林正樹・早田修一: 関西国際空港におけるサンドドレーン改良地盤の施工管理、土木学会、土木学会論文集、第391号/VI-8、pp.196~205、1988.3.

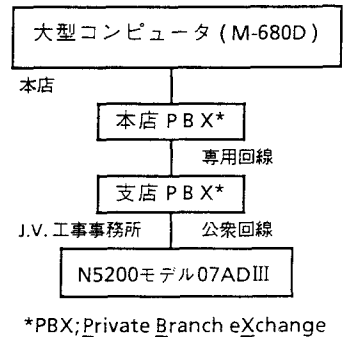


図-3 ネットワーク構成

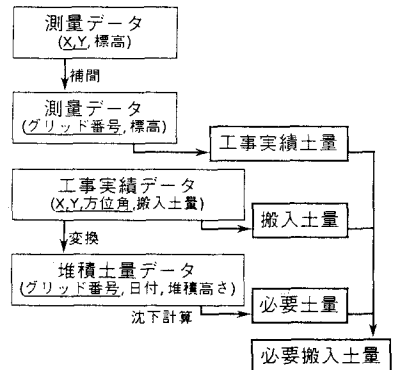


図-4 土量管理の概要