

底開バージによる施工管理のシステム化

Land Reclamation Work Control System
Using Micro Computer

大成建設株式会社

○横田保秀

Yasuhide Yokota

同上

高橋正敏

Masatoshi Takahashi

軟弱地盤上の盛立工事や大型掘削工事には、従来より数多くの「情報化施工」が行われてきた。情報化施工は、周知のように現場から得られるデータに基づいて、コンピュータ等を使用し、品質の良い構造物を安全かつ経済的に施工管理することを目的としている。

近年、関西国際空港や、東京湾横断道路建設工事等にみられる様に、大型海上土木工事が増加している。このような、大型土木工事の施工管理を行う上でも施工管理技術をシステム化し、日々の施工管理を自動化、省力化して工事の品質向上を図り、収集したデータに基づいて、目的に適合した構造物を合理的に構築していく必要がある。

本論文は、このような大型土木工事の中で、底開バージを用いて行う大水深の大規模埋め立て造成工事の総合的な施工管理を目的に開発したシステムを紹介するもので、関西国際空港建設工事造成（その1）JVでの適用事例も合わせて述べる。

キーワード・・・情報化施工、シミュレーション、埋立工事

1. システム化の目的

大規模埋立工事の特徴としては、関西国際空港造成工事にみられるように

軟弱地盤上の施工

大水深の埋め立て

大量・急速施工

が上げられている。本システムの開発は、このような特徴を持つ大規模埋立工事の施工精度を向上させ、安全確実に遂行させることを目的としている。

この為、施工管理のポイントとして

沖積地盤の安定管理

埋立海底面のレベルの管理

沈下状況の把握

投入土砂の埋立履歴の管理

を必要と考え、日々の情報を蓄積し、蓄積した情報を次の施工に生かした情報化施工を目指している。

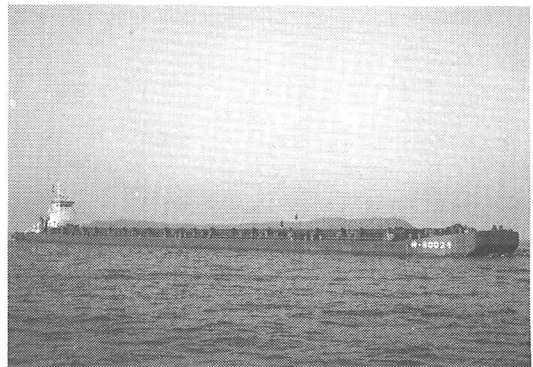


図-1 底開バージ

2. 開発システムの概要

開発システムは底開バージを用いた埋立の施工管理に適用するものでシステムの概要を従来の方法と比較して紹介する。

(1) 従来の方法

- ①投下前に深浅測量を行い、投下前海底面のコンター図を作成し、仕上目標レベルに合わせて経験と勘によって投下位置を決定する。
- ②決定された投下位置に作業船で旗竿を立てる。
- ③船長が旗竿を見ながら投下目標位置にバージを操船し土砂を投下する。
- ④日々の投入の記録より日報・月報を作成する。
- ⑤投下後の仕上がり形状の評価と確認は一層毎の投下が終了した段階で深浅測量を実施し海底面の形状を計測することによって行う。
- ⑥埋立の進行に伴って発生する沈下は、沈下計を設置した幾つかのポイントで計測管理し埋立エリア全体の沈下を把握する。

(2) 開発システムによる施工管理

- ①深浅測量データを取り込んで、情報化した海底面上に翌日の配船の投入位置を堆積形状シミュレーションにより決定する。
- ②電波式測位器(GM-10)による土運船の誘導管理システムを導入し、指示した投入位置へ土運船の誘導を行う。
- ③電波式測位器(GM-10)で土砂の投入位置を自動記録する。
- ④日々の投入の記録を即座に入力し日報・月報を自動作成すると同時に、埋立履歴をデータベース化する。

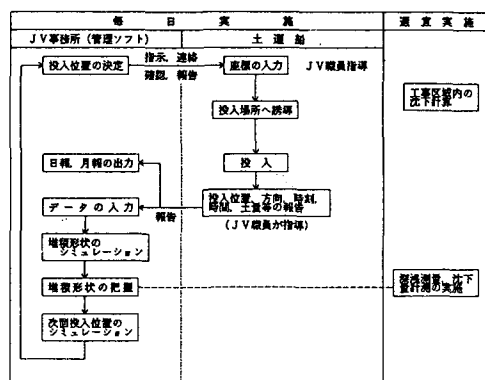


図-2 日々の施工管理のフロー

- ⑤投下後の仕上がり形状を、日報と海底面の形状より、堆積形状シミュレーションにより計算し最新の海底面の情報として記録し評価する。埋立目標レベルと比較し投下結果が管理基準を越えた場合、追加投入を計画する。

- ⑥深浅測量データと投下日報データを利用して埋立全域の埋立天端と沈下の履歴を管理し、沈下計による地盤の沈下管理を補足する。

開発したシステムは現場で日々発生している情報を収集し、事務所で作成する工事記録作成の自動化をはかると同時に、日々の配船計画を支援する事、土砂の投入履歴に合わせた沈下状況の把握、何時何処に、どのような種類の土砂を埋立たかという埋立履歴の管理を可能としている。

(3) ハードウェアの構成

現場での日々の施工管理に用いる為、現場で導入できるパソコンによりシステム化を計った。機種は富士通のF9450AmkⅡを選定し、増設機器としては日々発生する情報を記録するDISK(80mega)と、日報や管理資料を作成する作図機を接続している。更に、投入位置決定支援用にマウスを追加したり、プリンタ/プロッタバッファを用いて画面での入力と作図機への出力の同時作業化を行っている。深浅測量データはPC-98で作成したデータを用いる為に、F9450用のMS-DOSを搭載しデータの変換に使用する。

3. 管理する情報

(1) 施工情報の把握

底開バージによる埋立工事で日々発生する施工情報のうち情報化施工を行うのに必要な情報を発生時点で収集しパソコンに登録する。

深浅測量データ 音波探知機で、埋立を計画実施するブロックの、投入前と投入後の海底面の堆積形状を計測しフロッピーで入力する。

投入記録データ 日々の土砂の投入記録として、船の種類、土砂の種類、投下量、投下位置等の情報を投下の翌日キーボードより入力する。

沈下データ 設置された沈下計のデータを定期的に計測しキーボードより入力する。

配船予定リスト 翌日の配船予定をキーボードより入力する。

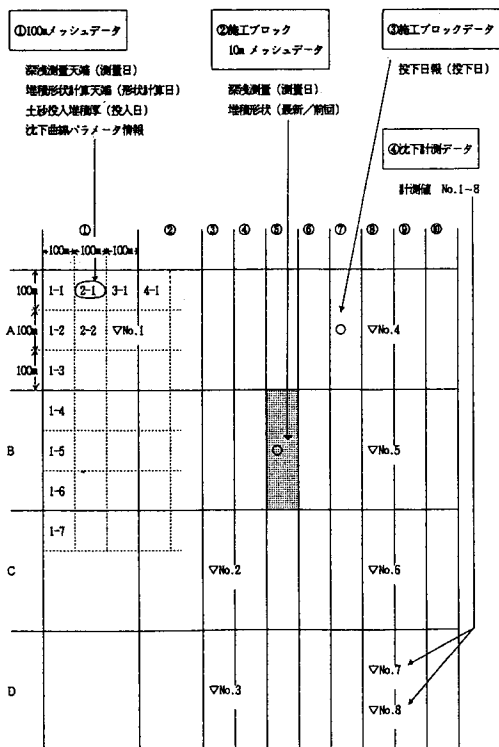


図-3 埋立施工システムの管理情報

(2) 管理情報

収集したデータを情報化施工を行う為、以下の情報に加工して記録している。

海底面形状 10mメッシュ毎の高さを計算して記録している。

深浅測量は全ての測量データを記録、最新の海底面の形状として土砂投入による堆積形状の計算結果を記録している。

埋立天端 100mメッシュ毎に埋立天端の情報を管理する。

深浅測量より平均天端を計算し記録する。

次回の測量までの埋立天端の推定に用いる土砂堆積厚を投入日報の土砂量で換算して記録する。

沈下予測曲線 100mメッシュ毎に土砂の投入に見合ったMv値を計算し記録する。

4. 日常業務

(1) 投入記録の管理

バーجによる日々の投下記録を現場事務所では報告を受けた時点でパソコンに入力し日報を作成する。入力した投下記録を用いて投入土砂を考慮した海底面の形状と沈下予測曲線を計算し登録する。

図-4 工事日報出力例

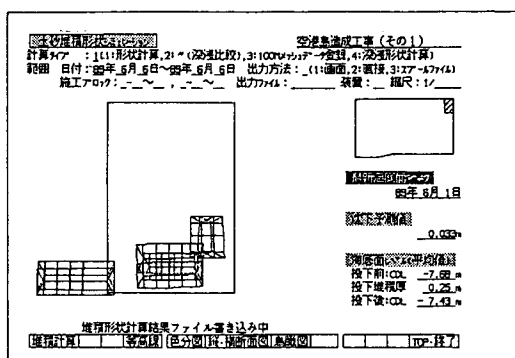


図-5 堆積形状シミュレーション画面

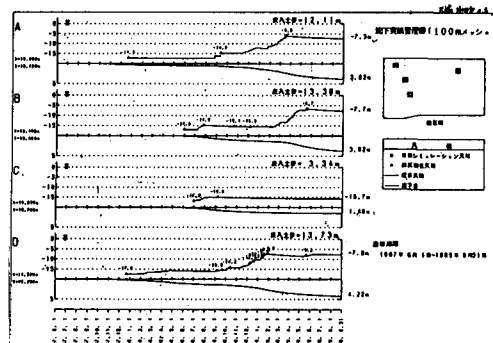


図-6 沈下管理図

海底面の形状は前回の投入時に計算した堆積形状と深浅測量データの日付を比較し新しい海底面の形状を選択、この海底面ベースに日報の投入記録からバーجによる堆積形状をシミュレーションして計算

する。

同様に沈下予測曲線は日報の投入土砂を堆積厚に換算、荷重とみなしてMv値を再評価して日々の投入土砂を考慮した曲線を計算する。

入力した投入記録はそのまま蓄積し、月報の作成や埋立履歴の管理を行う。

(2) 投下位置決定支援

日々の日報データの処理を終了し、新しい海底面の形状を計算した後で、翌日の配船予定リストに基づいて各バージの土砂投下予定位置を堆積シミュレーションで決定する。

まず、配船予定リストを入力する。次に埋立予定域を指定し、投入前の海底面の形状を計算する。この海底面はパソコンで管理している最新の海底面の形状より投入日迄の沈下量を考慮して計算している。

バージの投下位置は、画面上に表示した海底面のコンター図を見ながら、マウスでバージを移動させて決定する。投下予定のバージの位置決めが全て終了すると、堆積シミュレーションで形状を計算し、目標埋立レベルとの差(±1 m)を面積比で評価する。更に必要であれば、この手順を繰替えて最適な投下位置を決定する。

最後に決定した投下位置を投下計画日報として出力し投下予定のバージに連絡する。

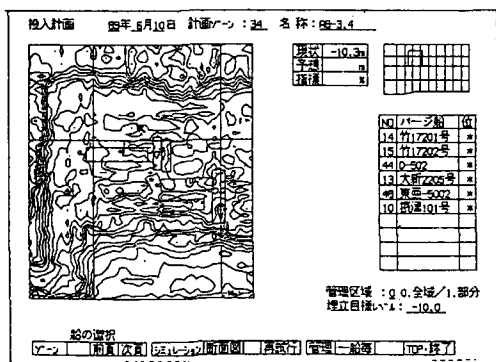


図-7 投入位置支援画面

(3) 深浅測量

海底面の形状を把握するため、必要に応じて深浅測量を行う。測量結果は即時にパソコンに取り込んで最新の海底面としてパソコンで管理している最新海底面を更新する。通常は一層の埋立の前と終了時点の2回行い、測量のない期間は堆積形状の計算結

果で海底面を管理する。

パソコンで管理する海底面は鳥瞰図、断面図、等高線図等を出力し、ビジュアルな管理を可能としている。

5. 堆積形状の計算

バージにより直投される投下土砂の堆積形状を理論的に数式によって把握することはむずかしいのが現状である。従って、本システムでは堆積形状に関する文献調査・土砂投下実験工事報告書や経験技術者のヒアリングをもとに関西国際空港の造成工事での実測データより統計処理で堆積形状を整理し、システムに組み込んだ。

投下土砂の形状は、これまでの調査より

水深

バージの開口幅

投下土砂量

土砂投下継続時間

バージ土倉長

等に大きく影響されることがわかっている。

従って、関空の実測データを基にこれらの諸パラメータと、土砂堆積形状を表すパラメータとの関係について統計処理した。

水深-10 mより-18 mの解析結果では実測値と計算値との差は実用上問題無い範囲で小さく、得られた算定式は概ね良好な適合性を示している。

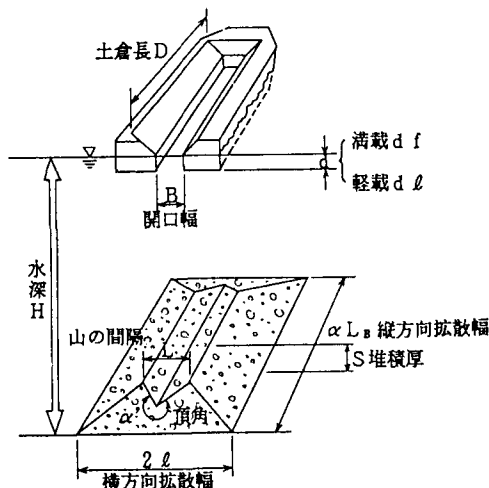


図-8 土砂堆積形状に関するパラメータ

6. 関西国際空港島造成（その1）工事での運用例

本システムは関西国際空港島（その1）工事の試験工事の段階から適用を始め、工事の竣工まで適用する機能の改良と拡張を続けた。

88年1月 日報管理・堆積形状計算

88年7月 沈下計測・投入位置決定支援

89年5月 沈下管理・機能全般の改良

89年8月 竣工

埋立工事の日々の施工管理にシステムを導入し運用に至るまで様々な解決すべき課題が発生した。

まず、堆積形状計算の精度向上が一番のポイントとなった。単体形状の実測を重ね、統計処理により比較的深い水深では実用に耐えたと判断している。ただ、浅い水深ではより精緻な計算式の検討が必要と思われる。

次に、当日の投入結果を踏まえて、翌日の投入計画を行う一連の施工管理のシステム化を目指したため、短時間に日報の入力・管理資料の作成・最新海底面の計算・沈下曲線の計算・投入位置の計画、を行う必要があった。ハード面のみならずソフト面での様々な効率化の工夫を行い日常業務での運用に耐えられるシステムとした。

7. おわりに

本システムは、大規模埋立工事の施工管理を合理化、高度化することを目標に開発したものである。

現場での適用を踏まえて、今後の課題を述べる。

（1）堆積形状計算の精度向上

堆積形状の予測精度が実務への適用性の可否を決める。現在のモデルでは浅い水深の場合の精度が悪く、今後更に改良が必要と思われる。

（2）データ収集の自動化

現在のシステムでは深浅測量データや投入日報のデータのパソコンへの入力が半日ないし1日ずれる今回の様なシステムでは情報の即時収集が不可欠であり、リアルタイムな入力の検討が必要である。

（3）最適投入位置の自動化

現在、マウス機能を用いて試行錯誤で投入位置の決定を行っている。

将来は、配船計画からその日の土砂投入の最適な

位置を自動的に選定できる、より高度な埋立計画自動化システムの開発が望まれる。

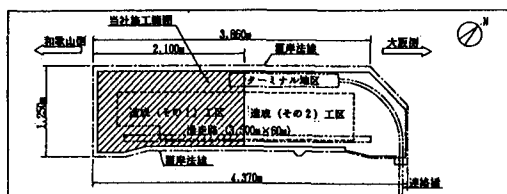


図-9 空港島平面図

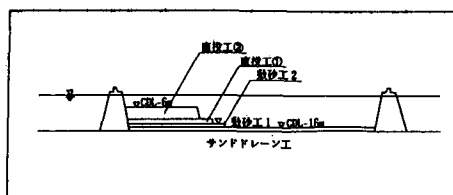


図-10 空港島断面図

（4）ハードウェア

パソコンの計算速度や、記録可能なデータ量に制約されて、当初モデルで想定した5mメッシュを10mメッシュに変更してシステムを活用している。

ハードウェアの高性能化、大型電算機とのオンライン化等により効率的な情報化管理が望まれる。

最後に、本システムの開発と現場への適用にあたっては関西国際空港島造成（その1）工事企業体の皆様の多大な熱意と協力を得た。ここに謝意を表すものである。

参考文献

1. 武藤 碩夫
；「大規模埋立用底開バージによる土砂投下の研究」
三菱重工技法 vol.11 No.11
2. 堤 一高、半沢 秀郎
；「軟弱地盤上に投下された砂の状況調査」
土と基礎 vol.11 1975
3. 土木学会関西支部
；「臨海埋立地盤の土質工学的諸問題」
1978年 7月
4. 石神 公一
；「埋立地盤におけるφ決定の一考察」
土と基礎 vol. 4 1973

5. 来馬 章雄
；「置換工法の問題点―特に埋立を伴う場合について」
土と基礎 vol.12 1977
6. 土質工学会関西支部
；「二十周年記念誌」
1987年11月
7. 古土井 光昭
；「関西国際空港における地盤改良工法」
土と基礎 vol.10 1985
；「関西国際空港の建設計画」
土と基礎 vol.1.34 1986
8. 徳光 健一
；「扇島埋立工事」
日本鋼管技法；No.57
9. 瀬古 隆三
；「段階盛土載荷した地盤の圧密沈下に関する計算法」
第14回土質工学研究発表会