

大規模浚渫・埋立工事管理システム

五洋建設株式会社

○ 竹内信夫

日本海洋コンサルタント株式会社

井上紘哉, 井手 豊

1. はじめに

近年の建設企業を取り巻く環境は、誠に厳しいものと言える。一つには、工事量の低下による受注競争の激化、劣悪な自然条件地域への進出などによる採算性の低下である。したがって建設企業においては、経営効率を高める上から現場工事管理業務の合理化、省力化を図り、同時に工事情報の有効利用による品質、安全の確保が重要な課題となっている。これらの対応策の一つとしてコンピュータの有効利用があり、工事現場へのコンピュータ導入が推進されている。

本文で取り上げる浚渫・埋立工事は、当社の得意とする分野であり過去の工事量も多かったことから、コンピュータの導入が比較的早く行われており、工事管理用の各サブシステムを開発してきた。各サブシステムは機能的に満足すべきものであったが、それらは各業務ごとに独立して開発した経緯があり、開発時期、開発目的も様々であった。

今回、海外の大規模浚渫・埋立工事に対応すべく各サブシステムの見直し、改善、あるいは新規開発により統合化へ着手したので、ここに報告する。なお、本システムは五洋建設株式会社と日本海洋コンサルタント株式会社の共同開発である。

統合的な工事管理システムの持つべき機能、あるべき姿などは、当分科会においても論議されているところであり今後の結論を待ちたいと思う。

2. 工事管理システムの概要

工事管理システムの概要を、開発過程を中心に述べる。

2.1 システムの対象工事

本システムは、大規模な浚渫・埋立工事の管理をシステム化することを目的に開発したが、サブシステムごとに独立して利用できるよう留意した。対象工事としては、ポンプ船による浚渫・埋立工事であ

るが、関連する護岸工事、係船岸壁工事および敷地造成工事を含む。

対象工事の一般的な流れを、図2.1に示す。位置的モデルを、図2.2に示す。

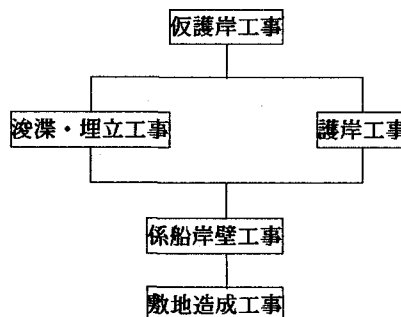


図2.1 浚渫・埋立工事の流れ

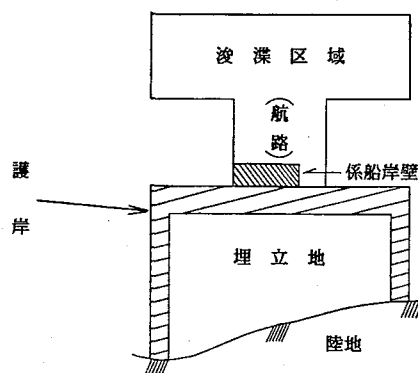


図2.2 対象工事の位置モデル

土木工事においては、構造、工種により、管理目標やその重要度が異なってくる。したがって、すべてに対応できるトータルな工事管理システムを開発するのは、開発費用、開発体制の面から困難である。したがって、ある程度対象工事の内容を限定する必要がある。本システムでは、表2.1に示す工事内容に限定した。

表2.1 対象工事内容

工 事	工 事 内 容	業 務 分 担		
		計 画	設 計	施 工
護岸工事	・ 矢板式護岸	企 業 者 & コ ン サ ル タ ン ト	企 業 者 & コ ン サ ル タ ン ト	施 工 業 者
	・ ケーソン式護岸			
	・ 傾斜式護岸			
浚渫工事	・ ポンプ船による浚渫工事 (航路、泊地を含む)			
埋立工事	・ 埋立工事 (仮護岸を含む)			
係船岸壁 工事	・ さん橋式係船岸	企 業 者 & コ ン サ ル タ ン ト	企 業 者 & コ ン サ ル タ ン ト	施 工 業 者
	・ ケーソン式係船岸			
	・ 矢板式係船岸			
敷地造成 工事	・ 地盤改良工事			
	・ 造成工事			

表2.2 コンピュータ利用タイプに対する一時費用

コンピュータ 利用タイプ	I	II	III	IV	V
適用業務	○	○	○	○	○
検査管理	○	○	○	○	○
工程管理		○			○
沈下・安定管理			○		○
技術計算				○	○
コンピュータ システム タイプ	A 社	B 社	A 社	A 社	C 社
一時費用					
ハードウェア					
ソフトウェア					
合 計					
(万 円)					

2.2 システム開発の流れ

システム開発の流れは、対象とするシステムや開発方法等により若干異なるが、一般的には図2.3となる。大型計算機(本社、支店用)による事務計算用、技術計算用のシステム開発と比べて、工事管理システムにおいては、ハードウェアの調査、選定作業が重要になる。

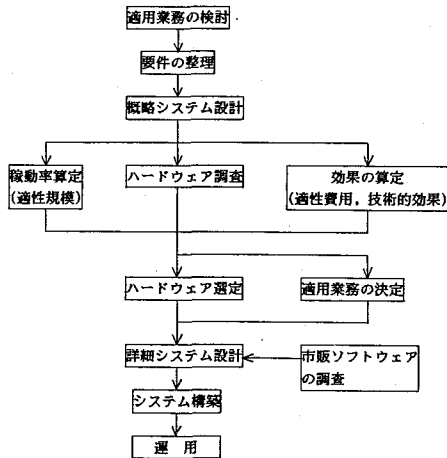


図2.3 システム開発の流れ

ハードウェアの選定においては、概略システム設計にもとづきハードウェアを調査し、それぞれに対応する稼働率の算定、効果の算定による適正規模、適正費用、技術的效果を予測する必要がある。また海外での利用を考えた場合、ハードウェアの入手方法、搬入方法、保守体制等も当然考慮する必要がある。選定資料の一例を表2.2に示す。

2.3 システム開発体制

システムの構築においては、開発体制が重要となる。開発体制は、大別して自社開発、開発依頼、市販ソフトウェアの導入の3通りの方法があり、構築するシステムの特徴を考慮して決定する。システム構築の流れを図2.4に、開発体制の比較を表2.3に示す。

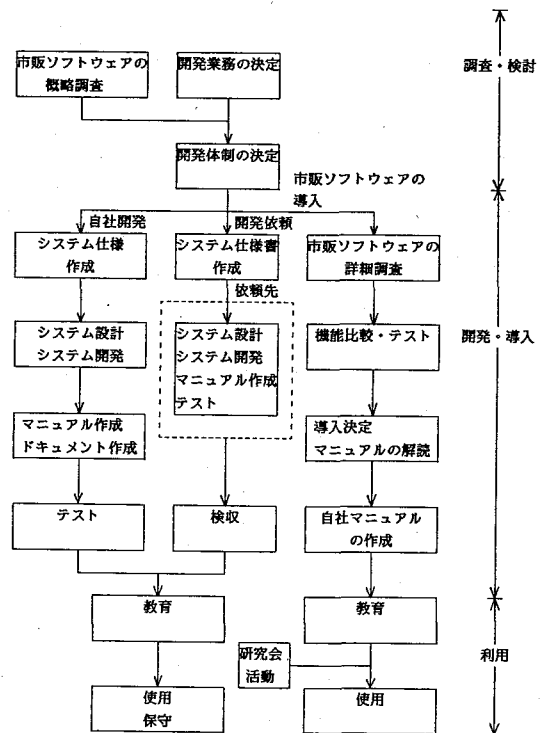


図2.4 システム構築の流れ

表2.3 開発体制の比較

	長 所	短 所
自社開発	・自社独自のシステムが作成できる。 ・保守が容易。 ・プログラムの機密保持ができる。 ・仕様変更が容易である。	・開発人員が必要。 ・開発期間が必要。 ・対外的に認められにくい。
開発依頼	・自社独自のシステムが作成できる。 ・ソフトウェアの作成人員が不要。	・開発費用(一時金)が必要。 ・保守に費用が発生。 ・対外的に認められにくい。 ・仕様変更が困難。
市販ソフトウェアの購入	・高度な技術が利用できる。 ・有名なシステムが利用できる。 ・汎用システムが利用できる。 ・研究会を利用して、一般の情報を入手することができる。 ・ソフトウェアの作成人員が不要。 ・開発期間が不要。	・一時的費用が必要。 ・きめ細かい要求が実現できない。 ・調査に人員が必要。 ・保守費用が一方的に決定される。 ・機能拡張が困難。

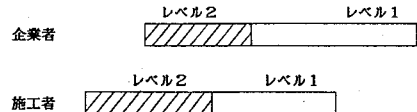
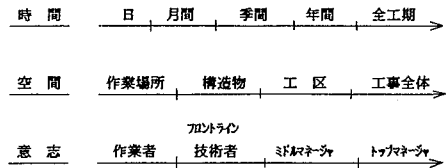
表2.3から分るように、浚渫土量出来高管理システムなどの自社独自の業務は自社開発、またはその仕様を明確にし開発依頼する。また、技術計算、工程計画等は、理論も一般化しており、開発費用、開発工期の面から市販ソフトウェアの導入が有利となることが多い。しかしながら、現在のところ工事管理システムに利用できる市販ソフトウェアが少く、今後に期待したい。

2.4 適用管理業務の選定

システム化の対象とする管理業務の選定にあたり、前もって管理業務の持つ特性を整理する必要がある。工事管理業務の特性は、時間的スケール、空間的スケール、意志決定のスケールという3つのスケールで整理、分類することで明確にできる。概念的な整理分類を、図2.5に示す。

分類後、図2.5をもとに管理項目、計画情報、収集情報などを決定し、詳細な管理業務の分析を行

スケール



管理業務



図2.5 管理業務の整理・分類

う。分析例を、表2.4に示す。

これらの資料をもとに、システム化の対象とする管理業務を選定するわけであるが、選定の基準として以下のものを用いた。

- システム開発の難易
- 利用頻度
- 開発効果 (開発費用も含む)
- 重要度 (全体工事に占めるウェイト)
- 技術的效果
- ハードウェアへの依存度
- 企業者側の要望

表2.4 護岸工事の進捗度管理

管理項目 および要素	管 理 LEVEL	最大管理 CYCLE	実 績 情 報			整 理 形 式	分 析	処 理
			計 画 情 報	情 報 源	種 類			
進 捗 度 管 理	出来高 (材料投入量) ・全体及び 各工種別	LEVEL④ 毎日	・1日当り作業量 ・工程計画	現場の状況	・1日当り 作業員	・日 報	・現場の状況と 日報との対比 を行なう。	・日報を作成、LEVEL④に 提出 ・現場での作業監視、指示
		LEVEL④ 毎日	・1日当り作業量 ・工程計画	・日報 (各工区別)	・1日当り 作業員 ・作業位置	・出来高工程 曲線 ・BAR CHART ・平面出来高図 ・週間・月間出来 高報告書を作成する。 (工区別、全体)	・計画との比較 を行ない進捗 度を把握する。	進捗度の適否を判断 (否) (適) → 工事継続 不適原因の究明 作業改善 工程計画 施工方法の 変更

2.5 システム構成

「2.2 システム開発の流れ」に沿って、各検討を行い、システム構成を決定する。システム構成を図2.6に示す。また、原価管理、労務管理、資材管理は別システムで稼働中であり、本システムの対象外とした。

ハードウェア構成を、図2.7に示す。今回のハードウェア構成は、検収管理、技術情報管理（設計支援用）が、円滑に処理できる規模として決定した。

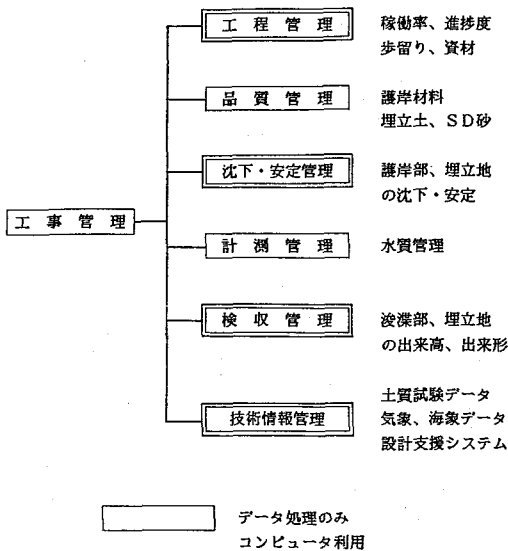


図2.6 システム構成

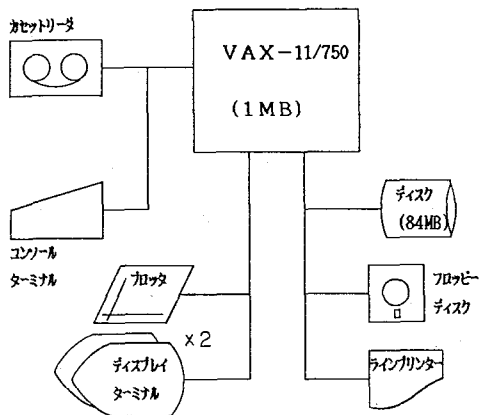


図2.7 ハードウェア構成

3. サブシステムの概要

本工事管理システムは6個のサブシステムから構成され、それらの関係を図3.1に示す。

図3.1から分るように品質、沈下・安定、計測および検収管理はそれぞれの業務のために作成された独立したものである。一方、工程管理は本工事管理システムの軸となるものであり、他のサブシステムで作成される管理情報などを基に工程管理のための資料を管理者に提供するものである。さらに、技術情報管理システムは、工期中に発生する技術計算、サブシステムで処理しない情報の管理およびサブシステム間の共有データの管理を行うものである。

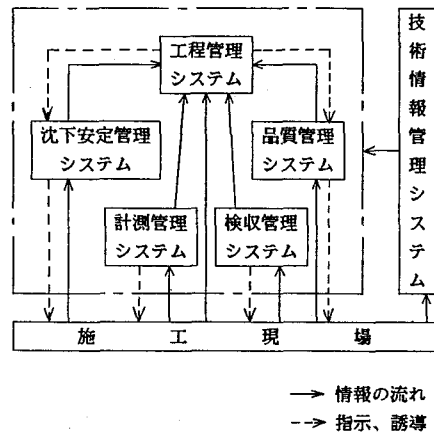


図3.1 工事管理システム関連図

3.1 工程管理システム

工程管理の目的は、ともすれば着工から竣工までの各工事系列について単に時間管理を行うものと考えられがちであるが、本来は工事の施工活動を測定評価する尺度を時間におき、労力、物資、資金などの資源を最も有効に活用することである。

本システムは、

① 工程の把握

② 計画工程に対する遅延・早過の原因の究明を目的として開発した。

前者に対しては進捗度の管理、後者に対しては毎日の施工状況を把握する作業量管理を行った。図3.2にシステム構成を示し、図3.3に出来高累計図の作成例を示す。

1) 進捗度管理

護岸、浚渫・埋立工事の出来形およびそれに伴う出来高の累計図を作成し、計画との工期、資金的なずれを比較する。同時に地域別の出来形管理図を作成し、地域別の進捗度の管理を行う。

工程管理手法としてバーチャートおよび工程曲線を定期的に描き、工程ごとに計画工程との相違を把握する。

ii) 作業量管理

計画時に、ポンプ船の作業能力算定、気象、海象による稼働率等から、概略作業量を把握し、工程計画の資料とする。施工時には、日報、潮位記録などの気象海象データから詳細な作業時間、作業出来高をチェックして、計画工程とのずれを把握する。その分析の結果、施工計画に無理が生じた場合は、工程計画を見直す。

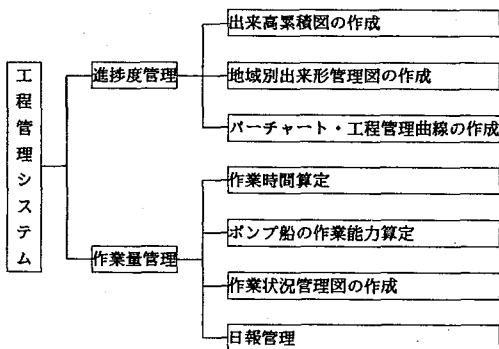


図3.2 工程管理システム構成図

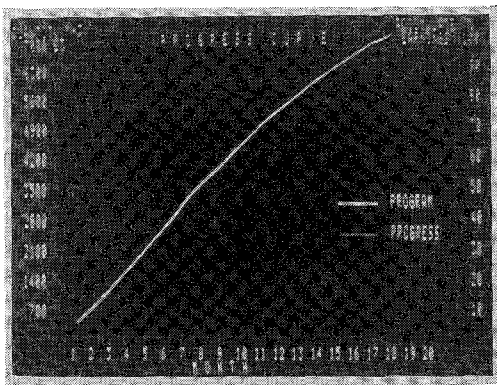


図3.3 ディスプレイ表示の出来高累計図

3.2 品質管理システム

土木工事における品質管理は、工程、原価、安全管理とともに四大管理の一つであり、その目的は契約約款、設計図書などに示された規格、仕様を満足するような構造物を最も経済的に施工することである。

品質管理の対象として、

①土木工事材料

②護岸、掘跡断面、地盤改良地域などの出来形形状が考えられるが、今回は埋立土砂、護岸材料および地盤改良工事におけるサンドドレーン砂(SD砂)の工事材料のみをシステム化の対象とした。

システムは図3.4の構成図に示すように試験結果の管理部および統計解析部に分けられ、管理者の判断資料を作成する事を目的とした。

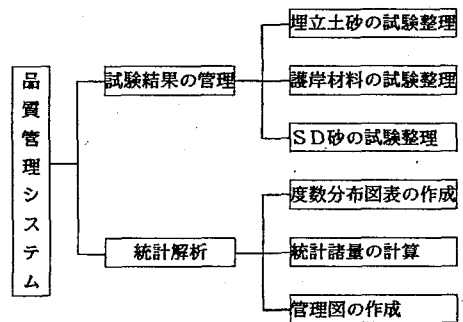


図3.4 品質管理システム構成図

3.3 沈下・安定管理システム

対象工事は、軟弱地盤上に長大な護岸を築き大量の土砂で埋め立てて、短期間のうちに広大な土地を造成するものである。従って、「埋立地の品質を保ち」、「手戻りなく」、「安全に」工事を施工するには、沈下安定管理は欠かす事のできない管理技術の一つである。

本システムは、情報化施工の一環として沈下計、間隙水圧計等の計測データから、沈下量の予測および護岸の安定の算定を行い、施工管理に反映させることを目的として開発された。システム構成は図3.5に示すようにデータ管理部と予測計算を行う解析部から成り立っている。

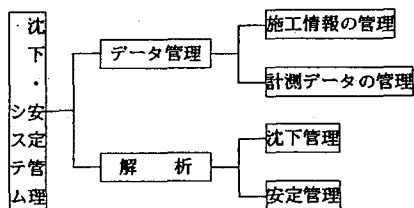


図3.5 沈下・安定管理システム構成図

1) データ管理部

① 施工情報の管理

本システムに必要な

- ・ 管理対象区域
- ・ 管理区域の名称と平面形状
- ・ 計測器の種類と数量および設置位置
- ・ 安全管理の基準値

などの施工情報を登録、修正するものである。

② 計測データの管理

沈下・安定管理に必要な計測データを登録する。登録の方法は、すべてコンピュータとの対話形式にて行われ、容易に追加、修正が可能である。入力されたデータは、計測器、測定日および管理地域ごとに登録され、解析部の基礎データとなるようにデータベース化されている。

ii) 解析部

作成される管理図とその利用目的を表3.1に示し、代表例として等沈下量線図を図3.6に、安定管理図を図3.7に示す。

データ管理部で作成された施工情報および計測データを基に沈下予測および安定解析を行い、沈下・安定管理に必要な判断資料を作成する。

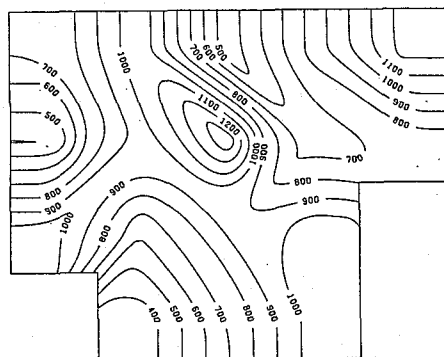


図3.6 等沈下量線図

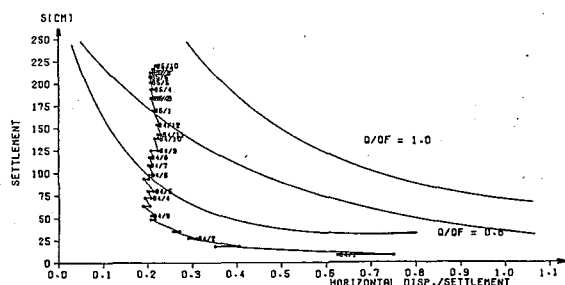


図3.7 安定管理図（松尾・川村法）

表3.1 沈下・安定管理システムで作成する資料名

管理項目	作成される資料名	利用法
沈下管理	時間～沈下曲線図	沈下量の経時変化の確認 入力データのチェック
	沈下量推定図 (双曲線法、屋簷法、浅岡・松尾法)	将来沈下量（残留沈下）の推定
	沈下量分布図	工事区域全体の沈下傾向の確認
	等沈下量線図	工事区域全体の沈下傾向の確認
安定管理	地中の変形経時変化図	地中の変形経時変化の確認
	地中の変形挙動図	安定管理の定性的把握
	間隙水圧・静水位挙動図	異常間隙水圧のチェック 圧密の進行状況の確認
	安定管理図 松尾・川村法、高永・橋本法、 栗原法、柴田・関口法	安定管理の定量的把握

管理資料は、定期的に管理技術者に提供されそれらの資料をもとに、プレロードの放置期間や撤去時期の決定あるいは地盤改良効果の確認を行う。

3.4 検収管理システム

埋立・浚渫工事の場合、契約時に取り扱い土量が概算数量でしか把握できないため、土量に関しては検収単価契約方式を一般的に採用している。したがって、施工数量を算定する検収管理は非常に重要な業務となってくる。検収方法として、埋立検収および掘削検収の両者がある。しかし、一般に埋立区域は広大でかつ間仕切りがなく、各船の埋立土が輻輳し、各船別の埋立土量の算定が不可能なため、掘削検収を採用した。

本システムは、掘削検収を「迅速」かつ「正確」に行えるように開発され、浚渫前後の深浅測量を自動的に行う深浅測量部と現場測量結果から浚渫土量を算定する土量計算部から構成されている。

図3. 8にシステム構成を示す。

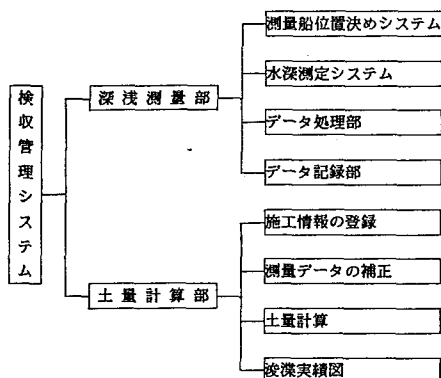


図3. 8 検収管理システム構成図

i) 深浅測量部

本システムは、電磁波を利用した船位測定装置、音響測深器による深度測定装置、マイクロコンピュータによる制御および記録装置、船の誘導装置および航路作成のためのプロッタより構成されている。測量時は、これらの機器を利用して、予定測線上を航行し、位置(X,Y)、水深値(Z)および測量時刻を磁気テープに収録するものである。図3. 9にシステムの機器構成を示す。

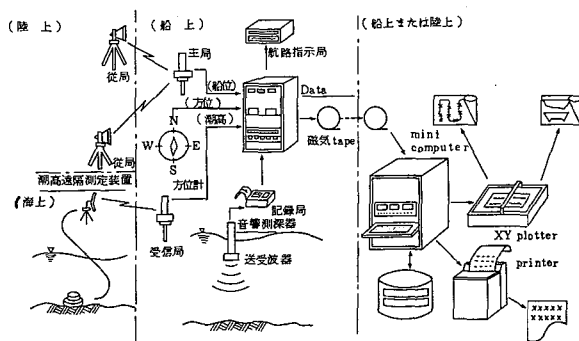


図3. 9 水深測量自動化システム概念図

ii) 土量計算部

① 施工情報の登録

浚渫区域、区域内の測線間隔、浚渫計画面および土層境界面などの施工情報をあらかじめ登録する。

② 測量データの補正

測量で得られた記録から潮位補正、測量船の蛇行による誤差の位置補正を行い土量計算用のデータを作成する。

③ 土量計算

浚渫前後の掘削断面から土層ごとの浚渫土量および残土量を算定すると共に断面図を描く、断面図の例を図3. 10に示す。土量は指定区域ごとに断面積に距離を乗じた断面法により求め、地域、土質ごとに算定することが可能である。

④ 浚渫実績図

浚渫区域および期間ごとの実績土量をまとめ、計画土量との対比のために図示する。

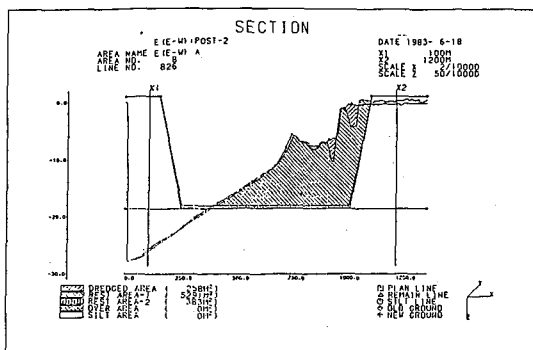


図3. 10 掘削断面図

3. 5 計測管理システム

情報化施工という言葉が使用されて以来、計測業務の工事管理の中に占める比重がますます大きくなっている。前述した、沈下・安定管理も現場における正確な計測データがあって、始めて予測・解析ができるものである。

計測管理業務も、その適用範囲は大きく、各管理項目のPLAN-DO-SEEサイクルにおけるSEEの役割を担うものは全て計測業務といえる。しかし、ここでは各管理項目に分類できるものは、その範疇に帰属させ、水質計測のみを取り扱う事にした。

水質計測システムの所有すべき機能は、

- ① 水質の濁度などを計測する機能
- ② 計測データおよび試料を伝達する機能
- ③ 計測データを保管、処理する機能
- ④ 予測、評価を行う機能

の4つに分類できるが、ここでは③のデータの保管処理業務についてシステム化した。

図3. 11に計測管理システムの構成図を示す。

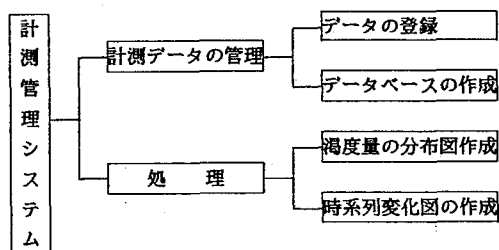


図3. 11 計測管理システム構成図

3. 6 技術情報管理システム

本システムは、前述した各サブシステムで管理しない日報等の管理、各サブシステムでの共有データの管理および工事期間中に発生する技術計算業務を支援する目的で開発された。

図3. 12のシステム構成図から分るように、情報管理部と技術計算部から成り立っている。

i) 情報管理部

① 資料管理

会議資料、受提出資料は工事量の増加に伴い、増大する。それらを「効率よく」管理するために開発されたものである。

② 実績情報の管理

各サブシステムで管理しない日報等を管理する。

③ 共通情報の管理

複数のサブシステムで使用する土質試験、気象海象などのデータを統合し、簡単なデータベースを作成する。

ii) 技術計算部

当該工事に必要な技術計算を行い設計業務を支援する。今回作成したプログラムは、護岸の安定計算、仮設構造物の設計計算プログラムなどである。

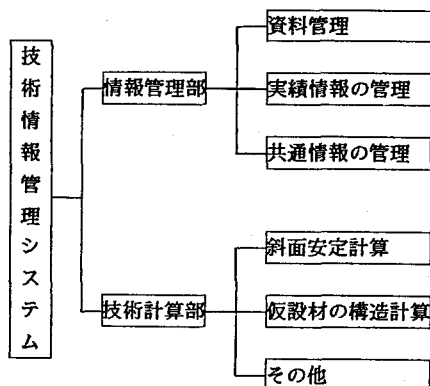


図3. 12 技術情報管理システム構成図

4. まとめ

今後、工事管理業務におけるコンピュータの利用は、増々さかんにになり、そのシステムも従来の単独処理システムからそれらを有機的に統合したトータルシステムへと発展するものと考えられる

今回、紹介したシステムは、

- ① 浚渫・埋立工事管理用の既存のサブシステムを利用する事。
- ② システム化した場合、効果が上る管理項目を重点的にシステム化する事。
- ③ 共通のデータについては、データベース化を図りトータル化を目指す事。

を基本方針として開発した。

したがって、沈下・安定管理および検収管理などの各サブシステムは、初期の目的を果たしたが、トータル・システムとして見た場合、プログラムの重複などの多少の問題点を残している。

今後、これらの問題を解決し、より効果的な工事管理システムへと改良する予定である。

今回、工事規模が大きいという理由により、ミニコンピュータを利用した。現在国内においては、比較的小規模な建設工事が増加している。それらに対処すべくパーソナルコンピュータを利用した工事管理システムも開発中である。