

(社) 日本埋立浚渫協会 ○大音 宗昭 畑 久仁昭
平田 正之

1. はじめに

海上土木工事においては、コンピュータを利用したシステムの導入例は少なく、しかも部分的であって、一部の作業船でのオペレーションとか、深浅測量におけるデータ処理、大型ケーソン据付けの位置出しなどの例にとどまっている。しかし最近ようやく広く導入しようとする気運がでてきており、現場での工程、品質、原価等の管理方式での検討も行なわれている。このような気運の中で協会では、通常の埋立工事についての工事マネジメントシステムの設計を試みたものである。

目的としては、省力化、迅速化、確実化をねらったもので、新しいソフトおよびハードの技術を利用し、科学性を持った汎用性のあるものを目指している。

埋立工事は護岸工と埋立工の二つからなり、地盤が軟弱な場合には地盤改良が必要となる。これらに関連する工事として資材（海砂、山砂、石材、埋立土）採取、運搬工事、アクセスとしての道路とか橋梁工事などがある。設計の対象としては埋立工事に限ったが、検討の対象としては広く関連工事も含めて考察した。

又、現行公共事業での受注者という立場からの対応だけでなく、発注者、受注者を含めての工事マネジメントの全体を整理した上で、その中の工事の管理と施工を一括請負した場合を想定して、設計したものである。

今回の検討では、工程、品質、原価、安全、環境などの主要な管理要素のうち、工程管理を中心課題とし、原価については事業計画段階で枠が決り、その枠を越えない範囲で実行していくものとして扱い、直接設計の対象としなかった。この点は今後の検討の課題とするものである。

今回は、工程管理を中心とした埋立工事マネジメントシステムの概略設計までを報告するものである。

2. 設計の手順

一般的な工事マネジメントシステム設計の段階として、

第1段階 概念システム設計

第2段階 実験システム設計

第3段階 実働システム設計

の3段階がある。

今回の概略設計は第2段階の実験システム設計の初期段階と位置付け、ここまでの設計手順を次に示す。

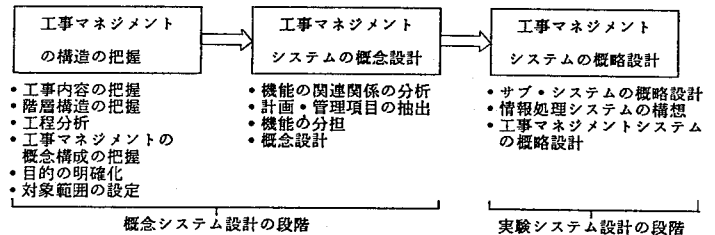


図1.1 設計の手順

このような手順で設計を進める中で、目的の明確化と“はじめに”の項で述べたような対象範囲の設定を早目に行っておかなければならない。例えば工程優先なのか、経済性の追求を第一義とするのかなどの目的の設定と順序付けは、ある程度工事マネジメントの内容が解ってこないときにくいことが多い。

設計作業は、まず従来の工事経験と観念で問題を整理し、組み立て、それを論理と実績資料により分析し、実証する。これを基にして次の設計段階へ進み、同じことを繰り返す。このようなスパイラルな設計作業の進め方をしたものである。

なお、概略設計の次は詳細設計へ進み、プログラムの開発やハードウェア類の設定を行って実用化をめざすものである。

3. 工事マネジメントの構造の把握

ここでは、まず埋立工事に含まれる各工種の施工内容を見て、工事内容を把握する。次に工事マネジメントの階層構造を把握することと、工程を分析することにより、計画・管理上の課題を抽出・整理する。こうして、階層構造と課題の整理を見て、埋立工事マネジメントの概念構造を組み立てたものである。

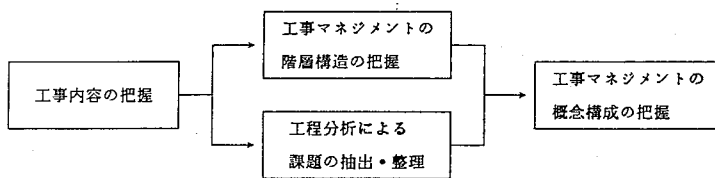


図3.1 工事マネジメントの構造の把握の手順

3.1 工事内容の把握

何よりもまず、工事内容を十分に把握しておくことが、設計を始める前の基本知識となる。規模、工期、工種、管理および技術課題等について、特徴をはっきり掴むことが大切である。

埋立工事は大部分が海上工事であるが、ケーソン、ブロック製作などは陸上でなされることが多く、また埋立土に山土を使用する場合などは、陸上工事に関連することになる。

主たる工種を示すと次のようなものがある。

・地盤改良工

床掘置換、敷砂、サンドドレーン（SD）、サンドコンパクション（SCP）、深層混合処理（DMM）、盛上り土撤去

・護岸本体工

沈床、盛砂、基礎捨石、ケーソン、ブロック、異形ブロック、セル、矢板、捨石均し、ケーソンほかの据付、中詰砂、蓋コンクリート、裏込、被覆石、上部コンクリート

・埋立工

直投埋立、揚土埋立、中仕切、仮護岸

工事内容の把握のためのチェックリストとしては、次のような項目と内容がある。

- ① 自然条件；波、風→（稼働率）、地質
- ② 埋立工事平面計画；形状、中仕切、周辺利用状況（漁業、航路泊地、住宅、道路等）
- ③ 設計断面；数量
- ④ 工事費（事業費又は請負費）；構造物単位
- ⑤ 工程計画
- ⑥ 工種、工法；施工速度
- ⑦ 機材；作業船の調達可能性、投入密度
- ⑧ 資材；供給状況、運搬方法
- ⑨ 仮設；ケーソンヤード、測量檣、仮泊地、その他多数

⑩ 環境；水質、騒音ほか

⑪ 技術課題；沈下、安定管理

⑫ その他特記すべきもの；安全問題、各種の制約条件など

これらのチェックリストにより、工事内容を見ていく上の要諦として

イ 空間・時間軸で定量的に把握する。

場所の拡がりをm, m², m³でみる。

構造物ブロック、工種毎に工期を月、週単位でみるなど。

ロ 重要課題の抽出

機材、資材の調達の安定性、仮設の確保、水質規制など。

ハ 技術課題

施工技術、施工管理技術の適用

こうして工事内容を分析し、把握してきたが、更に、関連樹木図を用いて、計画、実施、管理の場面毎に、マネジメント行為を整理して、各行為の階層と順序付けを行った。

3.2 階層構造の把握

工事マネジメントの構造を埋立工事の実施主体別に工事マネジメントサイクルの視点から、おおまかに階層を分けてみることに、工事マネジメントの計画・管理要素を抽出し、その構造的階層性を見てまとまり毎にグルーピングすること、および計画・管理要素を階層と時間軸により整理することの三つの作業により、階層構造の理解を深めた。

(1) 埋立工事の一般的階層

発注者、受注者、工事管理も含めた一括受注者等の場合について階層的に整理し、表3.1に表わしてみた。

表3.1 埋立工事マネジメントの階層的整理

階層の整理軸			工事マネジメント行為の分担				備考
時間	空間	計画の種類	発注者	発注者	一括受注の場合		
長期	全体工事	基本計画	計	画			計画レベル
中期	第n期工事	整備計画	計	画			
年度	単年度工事	事業計画 実施計画 施工計画 作業計画	計画・管理 計画・管理 管 理 管 理				
四半期	工区(工種)		計画・管理	計画・管理	計画・管理	計画・管理	工程レベル
月	施工区		管 理	管 理	管 理	管 理	
週							
日	作業箇所						作業レベル
時							

注 一括受注の場合は実施計画以下の計画・管理の全てを受注者が発注者が代って実施するものである。

表にみるように、階層を整理軸で分け、おおまかに分担の仕分けをしたが、詳しくは設計の進展により、イメージが明確になってくるもので、ここではおよその階層性を見

て、主たる設計の対象階層を年度以下のところとし、工程レベルを中心にしようとするものである。

(2) 計画・管理要素の抽出と構成

工事の内容を見て、経験的に計画・管理要素を抽出し、抽出された各要素間の関連関係を、関連度の強さで見え、構造化の解析手法を使って整理し、グルーピングをしたものである。

具体的な作業は次の順序で行った。

- イ 計画・管理要素の抽出・整理
- ロ 計画・管理要素の関連関係のマトリックスの作成
- ハ 計画・管理要素を多階層構造図に整理
- ニ 計画・管理要素をグルーピング

計画・管理要素として取り上げたものは、工期、工程、稼働率、施工速度、機材・資材・労務・仮設の各々の確保、作業船の運航、作業船の運用、陸上機械の運用、仮設の運用、資材供給、就労、出来高、品質、出来形、地盤の安定、水質、避泊地・仮泊地・修理基地の確保、材質、底質、大気、騒音、振動、沈下、気象・海象予測などである。

これらの要素間の関連をみると工期が最上位の階層にくる。また材質、底質、大気、騒音・振動、沈下、気象・海象予測などの自らは情報となるが、他の要素から情報を貰わない要素群を最下層に置いた。最下層から情報を貰って要素となる水質、品質、地盤の安定、出来形、避泊地・仮泊地・修理基地の確保を一つ上の階層とした。残りの要素を工期の一つ下の階層とした。こうして全部で4つの構造的な階層に分けてみたものである。

グルーピングは要素間の関連関係が複雑なため、線が引きにくく、ほぼ階層分けに従ったグルーピングになるが、海上工事の特徴である作業船の確保とその運用を一つのグルーピングとすることも考えられた。

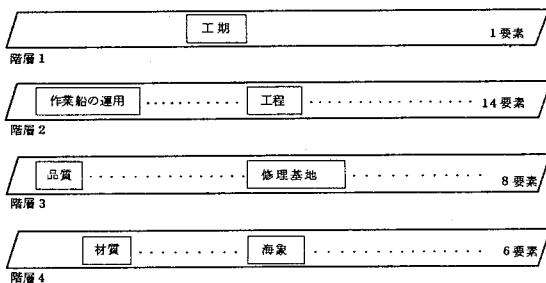


図3.2 計画・管理要素の多階層構造

(3) 階層と時間軸による整理

計画・管理要素と計画の種類を、ここでは工事マネジメントの階層と時間軸により整理し、構成関係がより明確に見えるようにした。

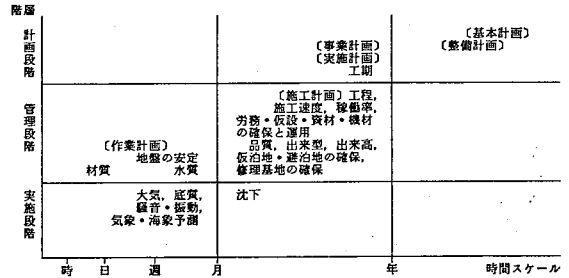


図3.3 計画・管理要素の位置付け

3.3 工程分析

工程管理を中心にした視点で問題を分析し、工事マネジメントの内容を明らかにしていく方法をとった。

始めに前述したように、工事内容の把握を行い、ここではそれを工程計画からより詳しく、定量的に掴むこと、工事の実行可能性を確認しながら、問題、課題をもれなく発見すること、また問題・課題を階層毎に整理して、解決方法をさぐることを行ったものである。

検討は、事業計画レベルのバーチャート程度の工程図と平面図および標準断面をもとにPERT、座標式工程表などを用いて、詳細工程計画にブレークダウンしていくことによって進めた。工事仕様については、その構造物の目的に照して、機能上必要最小限の設定をしたが、基本的には現行体系に従った。

詳細工程計画作成の手順は次によった。

- ① 工事仕様の設定
- ② 工種毎の作業分析
- ③ 工区の分割
- ④ 工区の施工順序の設定
- ⑤ 工種毎の施工速度の設定
- ⑥ チェックリストによる実行性の検討
- ⑦ 展開図に表示

以上による工程分析の結果、発見、抽出された問題、課題をまとめると、一般的には次のようなものがあった。

- イ 機材の確保； 大型DMM船、揚土機船、潜水土船が不足していることがある。

ロ 資材の確保； 海砂、石材の不足している地方が多い。埋立土について大量の場合は新規に土取場を開発する必要がある。

ハ 資材運搬船の航行の確保； 土運船の場合、引船又は押船で船の長さが長くなり、操縦性が悪い。特に一般船舶の多い航路や港内では、あらかじめ関係者との協議が必要となる。

ニ 作業基地の確保； ケーソンやセルを護岸に使用する場合、ヤードや組立泊地を近隣に求めなければならない。

ホ 作業の安全の確保； 作業船の配置では、最小保安距離をとり、アンカーの交錯を避けること。

ヘ 品質・出来形の確認の迅速化； DMM, SCP, SDではチェックボーリングが、床掘置換、敷砂、捨石、均し、埋立などでは深浅測量があり、これらが工程に影響することがあり、対応が必要。

ト 計測器機による工程への影響の除去； 計測器機の設置および計測作業に時間の掛ること、計測器機の周辺での施工は慎重に、施工速度を落してやらねばならないことへの対応が必要。

チ 沈下量の測定と数量の把握； 軟弱地盤の場合には、施工途中および施工後も沈下が予測され、施工数量が変えることに対応が必要。

リ 水質汚濁防止； 近年特に注意されており、よく監視をすると共に防止対策が必要。

ヌ 関連工事との調整； 資材採取工事との積出場所での受け渡しや、連絡橋工事のある場合には、取付部附近での作業船や、工期について調整が必要。

ル 情報処理； 各種の計画情報と施工実績情報が相当量になるため、その処理が必要となる。

以上に示したものを、課題として対応策も含め階層的に整理すると表3.2になる。

3.4 工事マネジメントの概念構成

これまでの分析結果を総合して、工事マネジメントの構成を考えてみた。

構成内容の見方として

- ① 構造物単位又は工種で分ける。
- ② 階層性と工事マネジメントサイクルで分ける。
- ③ 機能（はたらき、行為）で分ける。
- ④ 関連工事との調整を考慮して分ける。

⑤ 技術の種類で分ける。

⑥ 現行体系に沿って分ける。

表3.2 課題の整理

階層的整理	課 題	対 応 策
年	事業計画	ロ. 資材の確保 (大量の場合) あらかじめ事業計画段階で新規開発も含めて確保しておく
	実施計画	イ. 機材の確保 大型DMM船、揚土機船は予約又は新造潜水土船については代替工法も考慮
		ロ. 資材の確保 需給動向を把握しておく
		ハ. 資材運搬船の航行の確保 あらかじめ海事関係者と協議し、時間帯、運搬方法を決めておく
		ニ. 作業基地の確保 候補箇所の管理者に事前協議。ない場合は造成も必要
		チ. 沈下量の予測と数量の把握 事前の土質調査と沈下量予測方式の確立
		ヌ. 関連工事との調整 稼働率、工期、日稼働時間を年計画で調整しておき作業計画で再調整
		ル. 情報処理 計画情報と実績情報の集約したものを把握し利用できるようにしておく
年 月	施工計画	ホ. 作業の安全の確保 配船計画を立て特に工区境に注意する
		ヘ. 品質・出来形の確認の迅速化 チェックボーリングおよび深浅測量技術の高度化とオペレーションのシステム化
		リ. 水質汚濁防止 監視体制と防止工法を用意する
月 週	作業計画	ト. 計測器機による工程の影響除去 作業単位の中で施工場所を移動し手待ちを避ける
		リ. 水質汚濁防止 監視値に応じて施工量を加減すること、拡散防止膜を張ることなど
		ヌ. 関連工事との調整 実施計画レベルでの調整工程を日程で見えて週～月で調整
		ル. 情報処理 実績情報を日報、計測データ等で収集する

などがある。

一般の港湾工事では、階層の上位の方では、事業や予算の企画部門、実施計画とそのフォローアップをする工務部門があり、階層が下位になると工事部門があり、構造物単位や技術の種類で分けていることが多い(⑥の例)。

埋立工事は、護岸工と埋土工からなり、これに土取工を加えて、現場での管理は3部門に分けることも可能である(①の例)。しかしながら、これまで種々分析してきたように、階層性と工事マネジメントサイクル(②)、機能(③)、関連工事との調整(④)も重視しなければならない。又、今回の設計が工程を中心にするという中段の階層に焦点をあてているので、下位の階層での仕分けは作業管理として一括し、その上位に工程管理をおき、この二者を中核としてシステム構成をすることにした。こうすることによって、関連工事との調整を構造物部門毎にでなく、工程管理部門および作業管理部門のそれぞれの階層で総括して行える。次に3.2で分析した階層構造も参考にして、工程管理および作業管理を、作業船の運用と運航の面から支援する、作業船管理と運航管理、技術面から支援する地盤管理と環境管理を設定した。作業船管理と運航管理を分け

たのは、3.3で、課題への対応策として説明した中にあったように、作業船が一般海域を通航するため、海事関係者の関与と協議が必要であり、独立性の強いものであることによる。又、作業船管理を独立させたのは海上工事において、作業船の運用が工種および作業に密接に関わることと、維持管理に独自の知識を要することによる。

こうして設定した各管理システムの役割は、次のようなものである。

・工程管理システム

中核となり、実施計画を作成および修正することによって全体を総括する。

・作業管理システム

工程管理システムより受けた実施計画にもとずいて、現場での実施を管理する。

・作業船管理システム

作業船の維持管理およびオペレーションのノウハウを提供する。

・運航管理システム

一般海域での航行について調整することと工事区域内での運航を計画・管理する。

・地盤管理システム

沈下量の予測、施工時の地盤の安定のチェックをする。

・環境管理システム

水質、大気、騒音・振動についての監視をするとともに、影響の予測をする。

これらの6つの各管理システムの構成を工事マネジメントの概念構成として、図3.4にイメージを示す。

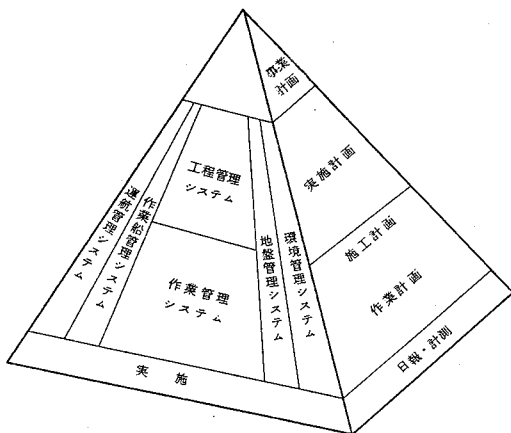


図3.4 概念構成

4. 工事マネジメントシステムの概念設計

3.4の工事マネジメントの概念構成をもとにして、6つの管理システムについて、計画・管理における相互の関連関係および分担関係を明らかにして、工事マネジメントシステムの概念設計をしようとするものである。

検討作業は、まず工種毎に工事マネジメントサイクルに沿って、機能（行為）の流れを追ってみる。次に工種に共通した重要な計画・管理項目を抽出・整理する。さらに、これらの計画・管理項目を計画項目については、計画作成と診断の2つに分け、管理項目については、情報収集、分析、対応策の立案、意志決定の4つに分けて、分担を各管理システムに割りつける。最後に、以上の分析内容を総合して概念設計を行ない、概略の構成図にするものである。

4.1 機能の関連関係の分析

工種毎に機能関連図を書いて計画・管理行為の内容を確認していく。

工種は地盤改良工、護岸本体工、埋立（直投）工、埋立（揚土）工程度に分ければ大体把握できる。

細部の行為の記述は省くが埋立（直投）工の機能関連図の例を図4.1に示す。

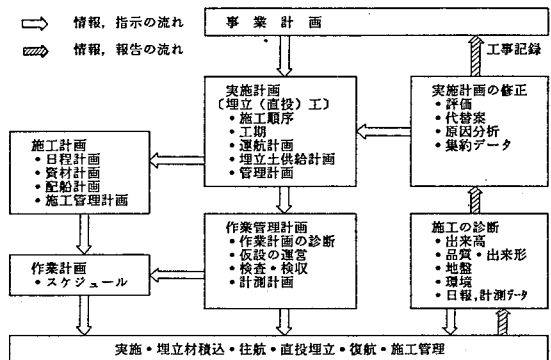


図4.1 埋立（直投）工における機能関連図

4.2 計画・管理項目の抽出

4.1の機能関連図を見て抽出した計画・管理項目を次のように整理した。

表4.1 実施計画における計画項目

表4.2 施工計画、作業計画における計画項目

計画の種類	計画項目
施工計画	工程
	施工方法
	機材の配分
	施工速度
	品質・出来形管理方法
作業計画	安全管理計画
	作業予定量
	機材の配置
	運航計画
地盤管理計画	占有水域
	検査日程

計画の種類	計画項目
工程計画	工区分割
	施工方法
	施工順序
機材計画	機材の配分
	整備計画
資材計画	資材の配分
	供給条件
仮設計画	仮設の配分
	貸与条件
運航計画	航路・泊地計画
	運航規定
地盤管理計画	沈下・安定計画
	水質計画
環境管理計画	水質計画
	水質計画

(2) 管理項目

表 4.3 管理項目（埋立工）

管理要素	管理項目
工 程	進捗度
	出来高
	工運船の稼働
	揚土機船・ベルコン等の稼働
	埋立材の使用量
	施工数量
品質・出来形	船舶・機械の整備
	埋立材の粒度
	埋立の堆積形状
	敷砂の層厚
	埋立天端高
	投入位置
	のり先の安定
	沈下量
安 全	測量基準点の保守
	占有水域
環 境	潜水器具・装置の点検
	運航
環 境	水質
	騒音・振動

4.3 機能の分担

3.2で整理した計画・管理項目を6つの管理システムに仕分けし分担したものである。これによって、各管理システムの責任分担を明示した。個々の管理システム毎の概略設計は、これをもとに行う。

(1) 計画項目の分担

表 4.4 実施計画における計画項目の分担

凡例

計画作成
診断

計画の種類	計画項目	各管理システム					
		工程	作業	作業船	運航	地盤	環境
工程計画	工区分割						
	施工方法						
	施工順序						
	工期						
機材計画	機材の配分						
整備計画	整備計画						
	整備計画						
資材計画	資材の配分						
仮設計画	供給条件						
	仮設の配分						
運航計画	航路・泊地計画						
	運航規定						
地盤管理計画	沈下・安定計画						
環境	水質計画						
管理計画	騒音・振動計画						

表からも判るように、工程管理システムで主たる計画を作成し、他の管理システムがスタッフとしてそれを診断するという役割分担になっているものが多い。

施工計画および作業計画における計画項目の分担は、これらの計画が施工担当者により作成されるものとして、各管理システムはその診断を分担することとした。（分担表

は省略）

(2) 管理項目の分担

管理要素として工程、品質・出来高、安全、環境の内、工程での分担例を表4.5に示したものである。

表 4.5 管理項目の分担（埋立工）

管理要素	管理項目	各管理システム					
		工程	作業	作業船	運航	地盤	環境
工 程	進捗度						
	出来高						
	工運船の稼働						
	揚土機船・ベルコン等の稼働						
	埋立材の使用量						
	施工数量※						
品質・出来形	船舶・機械の整備						
	埋立材の粒度						
安 全	埋立の堆積形状						
	敷砂の層厚						
環 境	埋立天端高						
	投入位置						
環 境	のり先の安定						
	沈下量						
環 境	測量基準点の保守						
	占有水域						
環 境	潜水器具・装置の点検						
	運航						
環 境	水質						
	騒音・振動						

※ 沈下予測で数量が変わる

凡例



4.4 概念設計

計画・管理機能の関連、分担関係が明らかになったところで3.4に示したピラミッド型の概念構成を一步進めて、概念設計としてとりまとめて、おおまかに、図4.2のように表現した。

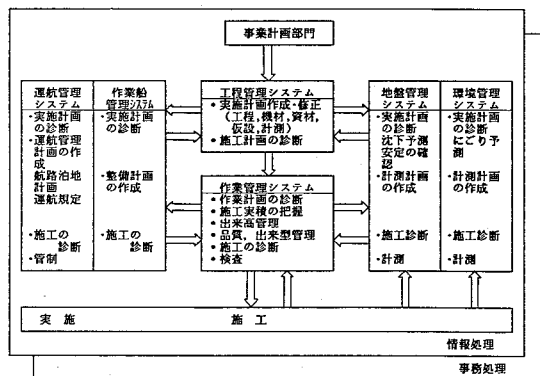


図 4.2 概念設計

工程管理システムと作業管理システムがメインのシステムとして工事を計画・管理していく。それをスタッフ的に機能面から作業船管理システムと運航管理システムが支援する。同じくスタッフ的に技術面から、地盤管理システムと環境管理システムが支援する。

概念設計の表現については、図4.2のように各管理システムの構成として表わしたものと、図4.1のような機能の関連と情報の流れで表わすことが必要である。

情報処理と事務処理を基盤に置いたのは、3.3で課題として情報処理の必要性があげられたこと、事務処理は最近のO A化の進展を見てのことである。

5. 工事マネジメントシステムの概略設計

概念設計までで、全体の構成と各管理システムの関連関係を見てきた。これを更に概略設計までもっていくべく、本節では①各管理システムについて、プロセスと情報の内容を明らかにすること、および全体構成の中での役割をはっきりさせること、②全体をみた情報処理システムの構想、そして③概略設計としてのとりまとめを行ったものである。

5.1 各管理システムの概略設計

各管理システムについて、役割をはっきりさせ、計画・管理のプロセスと情報処理の内容を明らかにしたものである。

各管理システムの役割り分担を表5.1に示す。

表5.1 各管理システムの役割り分担

△印 要請のあった場合

システム	実施計画		施工計画		作業計画		施 工	
	診断	修正	診断	修正指示	診断	修正指示	診断	修正指示
工程管理システム	○	○	○	○				
作業管理システム				計画段階	○	○	○	○
作業船管理システム	○			実施段階			○	
運航管理システム	○		○		○		○	○
地盤管理システム	○		△		△		○	
環境管理システム	○		△		△		○	

工程管理システムで実施計画を作成し、これをスタッフ機能を持つ各管理システムが診断する。工区別に作成された施工計画を、実施計画と対比して診断し、作業管理システムへおろして実施に移される。ここで、施工計画は週～月の単位での作業計画にブレイクダウンされ、診断される。施工計画および作業計画については、主として作業管理システムが扱い、運航管理システムが航行安全上から診断をする。施工については日報、計測データ等により、工程管理システム以外の各管理システムが、きめ細かに診断をする。作業船管理システムが施工計画と作業計画の診断に関わらないのは、この段階での作業船の計画については、工程および作業との関連で診断されることによる。

このような役割り分担により工事を合理的に管理し、手戻りを少なくすることをめざしたものである。

各管理システムの計画・管理のプロセスおよび情報処理の内容については、記述を省略する。

5.2 情報処理システムの構想

全体および各管理システムを支えるものとして、情報処理システムが必要となる。5.1での各管理システムでの情報処理内容を、全体として眺めてみると、計画情報および実績情報が、工事の規模に応じて相当量になることがわかる。データファイルを個別に準備するだけでは対応しきれないものと思われる。

分析作業は実績情報について、情報毎の集約度と管理システム間での共有データを調べてみた。日報やデータの集約が多く、共有データも多い。

計画情報として有用な地形図、深淺図、各種計画図は多く、会議資料、文書、作業用等に頻繁に使用される。

他方、個々の技術として独立に使用される、沈下・安定管理データ、水質データ等がある。深淺測量データについても、測深データ処理の一元化ということでは独立性がある。

よって、独立性の強い技術的データは分散処理し、集中処理と分散処理の組合せによる情報処理システムを構想した。

5.3 概略設計

これまでの作業を再度とりまとめて、一枚の図に表現してみると図5.1のようになる。工事マネジメントの階層と、各管理システムの位置付けと関連関係、情報の流れを示したものである。

6. おわりに

一般的な埋立工事を対象として概略設計までを行った。まだ実用に耐えうるツールは持っていない。次は詳細設計へ進み、計画・管理のためのツールの開発やハードウェアの選定へも取り掛かりたい。

原価管理を抜いての検討であったが、これも補った。

当初、大規模人工島造成工事を対象にすることを考えていたが、まず通常の工事の場合から入ることにした。大規模人工島の場合、海象、地象などの条件がきびしく、施工も大型作業船を必要とし、かなり特殊性の強いものになると思われるが、工事マネジメントシステムのソフトウェアとしての基本的な構成は、大きくは変わらないものと思われる。

本報告の検討に当って、運輸省港湾技術研究所および京都大学からいろいろと助力を頂いたことを感謝致します。

