

関西国際空港護岸建設工事における 施工管理支援システム

Construction Management System for The Kansai International Airport Revetment Project

関西国際空港(株)	坂井 彰 *
五洋建設(株)	須磨洋二 **
五洋建設(株)	升田 清 **
五洋建設(株)	○淵上隆秀 ***
五洋建設(株)	井手 豊 ****

By Akira SAKAI , Youji SUMA , Kiyoshi MASUDA , Takahide FUCHIGAMI , Yutaka IDE

コンピュータ関連技術の進歩に伴い、コンピュータ利用分野は広範なものとなっており、建設業の第一線である施工現場での利用もその例外ではない。

国内有数の大型プロジェクトである関西国際空港建設工事は、沖合 5km の大水深で、大規模、急速施工が余儀なくされており、施工を円滑・安全に進めていくためには、工事の計画・管理情報を迅速かつ効率的に処理する必要がある。

第1期工事の第1フェーズである護岸築造工事において、発注者である関西国際空港(株)と各企業体が同一機種のコンピュータを導入し、統一管理手法に基づいた工事管理を行っている。

本論文は関西国際空港(株)の施工管理システムを支援するために、請負業者が行っているコンピュータを利用した施工管理支援システムを中心にその概要を紹介するものである。

【キーワード】 関西国際空港建設工事, パソコン, 工事計画・管理

1. はじめに

関西国際空港建設工事は、大阪湾内泉州沖約 5km に位置し、大水深、軟弱地盤という自然条件下で第1期工事外周護岸延長約11kmを 2年で概成し、その後約1億5千万 m^3 の埋立を37年で行う、大規模急速施工が要求されている。護岸工事、連絡橋工事および

護岸内地盤改良工事などが同時期に施工されることにより、安定的な資・機材の調達とともに輻輳する作業船の安全運航管理、平均水深約-18mの軟弱地盤上に約 30mにも達する厚さの土砂等を積み上げ護岸を築造するための沈下・安定管理および工事海域周辺の水質保全など工事の施工に関わる課題も多い。

関西国際空港(株)（以下、関空KKと呼ぶ）は、これらの施工条件のもとに資材の調達情報、作業船運航情報、品質・出来形情報を迅速・的確に把握し判断するために、パーソナルコンピュータ（以下、パソコンと呼ぶ）を利用した計画・管理を実施している。

一方、参加各工区JVは独自の工事管理を行うとともに、関空KK使用のパソコンと同一機種を導入し、関空KK貸与のプログラムを併用して計画・管理情報（月レベル）を磁気媒体（フロッピーディスク）に格納し提出している。また関空KK指定様式により、詳細な情報（週レベル）を書類で提出している。

-
- * 建設事務所工事一課第一工事長
(〒596 大阪府岸和田市大北町9番地25号)
 - ** 五洋・大都・りんかい・日本海工
空港島護岸築造工事(その1)JV
(〒596 大阪府岸和田市木材町37番地)
 - *** 情報システム部
(〒112 文京区後楽2-2-8)
 - **** 土木本部 土木部
(〒112 文京区後楽2-2-8)

当社では護岸工事の実施にあたり、導入パソコンを一層活用し、提出資料の高品質化、請負業者側の施工管理業務の効率化、省力化を図るために支援システムを開発した。

本論文ではこのシステムの概要を中心に述べるものである。

2. 護岸工事の概要と進捗状況

関西国際空港は、我国初めての24時間利用空港として昭和68年3月の開港を目指し、昭和62年1月第1期工事第1フェーズの護岸工事を着工し現在に至っている。当空港は世界で初めての本格的な海上空港として約511haの人工島を造成し、滑走路、ターミナルビル等の空港施設を建設、また空港へのアクセスとして道路・鉄道併用橋で陸側と結ぶ計画である。

空港島第1期工事の護岸形式と施工工区の配置を図-1に示す。護岸延長は約11kmで、6工区に分割され現在施工中である。なお、当社は図-1に示す(その1)工区を担当している。

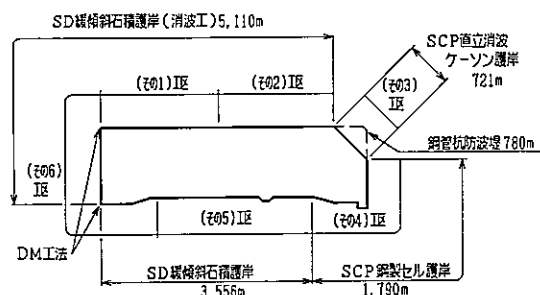


図-1 護岸形式と工区配置図

護岸の施工位置は、水深-16~-19mと大水深であり、しかも厚さ約20mに達する軟弱な沖積粘土層が堆積しているため各種の地盤改良工法が採用された。

外周護岸の約8割の8.7kmがサンドドレーン(SD)緩傾斜石積護岸で、沖側のその1、その2、その6の各工区は消波ブロック被覆形

式で、残りの2割がサンドコンパクション(SCP)直立消波ケーソン護岸と同鋼製セル護岸である。消波ブロック被覆のSD緩傾斜石積護岸の標準断面図を図-2に示す。

現在の護岸工事の進捗状況は、63年11月上旬現在当工区で約98%、全工区で約95%、護岸概成延長で約9,900mである。

3. 施工管理業務の概要

(1) 関空KKの施工管理

本工事は、前述のような厳しい施工条件下で、しかも複数工区の同一工種を同時に施工するため、多数の作業船舶が同一海域に輻輳し、多量の資材が一度に投入される。そこで施工を確実に進めるためには、施工管理を各工区だけでなく、全体工区を通して確実にを行うことが必要になる。

主な施工管理項目は、下記に示す5項目である。

- ・工程・進捗管理
- ・品質・出来形管理
- ・運航管理 (各工区参加)
- ・沈下・安定管理
- ・水質管理

特に、全体工区にわたって同一の手法と管理が必要になる沈下・安定管理、水質管理は関空KKが直接行い、その検討結果を各工区にも示している。

工程・進捗管理については護岸工事全体の施工を円滑に進めるため各工区JVに対して、工事の予定および実績情報を、パソコンを介して入力したフロッピーディスクにより提出させ、集計編集用のプログラムを用いて全工区の工事情報を取りまとめ、進捗状況の把握、計画・実績の対比を行っている。実際の管理は、図-3に示すように管理データの提出、

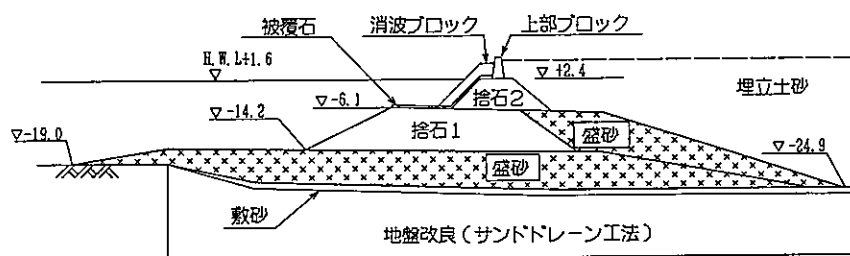


図-2 SD緩傾斜石積護岸の標準断面図

工程会議での協議をもとに各工区の工程を調整している。工程・進捗管理の情報システムのイメージを図-4に示す。

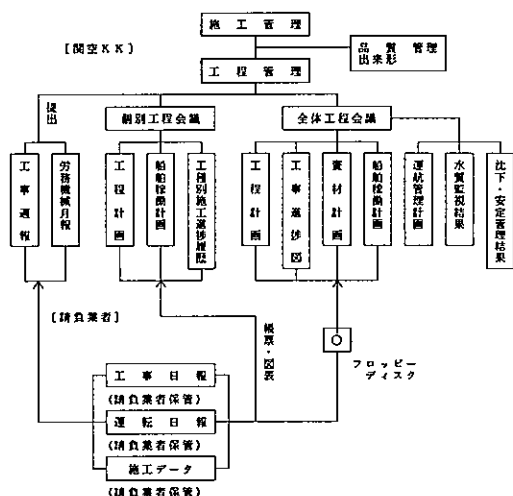


図-3 施工管理方法

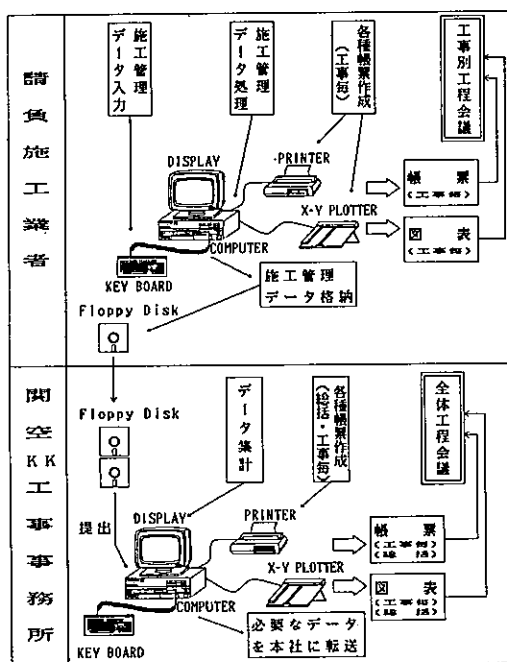


図-4 情報システムのイメージ図

(2) 請負業者の管理

施工計画時に、当工区の施工段階ごとの管理項目と管理方法をまとめた。その一例を表-1に示す。管理項目は前述の関空KKのそれとおおむね同じであるが、直接施工に関連するために、きめの細かい管理が要求される。個別工程会議および提出報告用管理資料は、当工区独自の工事管理支援システムを用いて作成することにした。

a) 工程・進捗管理

① 日程管理

施工計画および日報より工事全体の週間工程表および各工種ごとの工程表を作成し、前週までの実績と今週施工数量を把握する。

② 資材管理

大量の施工数量となるため、使用資材の予定数量は正確に把握する必要がある。対象となる資材は、護岸築造用の盛砂・石材および地盤改良用の海砂等である。それらの予定数量は前述の週間工程表にまとめられる。特に、着目する資材については月間、

表-1 管理方法とその頻度

工種	管理項目	コスト		日程		資材		機械		作業人員		品質・出来形		安全	
		原価	月	作業日報	週	材料	月	運転	月	運転	月	測定	測定	測定	測定
護岸	敷砂	-	月	作業日報	週	材料	月	運転	月	運転	月	測定	測定	測定	測定
	S D	-	"	"	"	材料	"	"	"	"	"	1本	打設	"	"
	盛砂	-	"	"	"	材料	"	"	"	"	"	測定	測定	測定	測定
	砕石	-	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
地盤	砕石(本均し)	-	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
	上部コンクリート	-	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
測量	測量	-	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
	測量	-	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
		作業日報		運転日報		測定値		測定値		測定値		測定値		安全	
		・工種 ・位置 ・月日 etc		・回収率 ・バッチ印字紙 ・使用量		・月日 ・工種 ・運転 ・休止内容 etc		・各種物の数量 ・回数		測定値 試験成績表		測定値 打設記録紙 試験成績表		測定値 打設記録紙 深さ測定 etc	

年間の数量管理図表を作成して予定と実績の対比を行い、今後の施工計画に反映させる。

③船舶・機械管理

大型かつ多数の作業船を使用するので、効果的な運用を行うために、船舶等週間稼働実績予定表より、稼働実績と今後4週間分の予定を把握する。

④ 労務管理

海上工事が多く、工事区域も広いために、安全面および就労人員の把握等からも日々の労務管理は重要な業務の一つである。したがって工種別、職種別の出面を把握するために労務・機械月報を作成して管理する。

b) 品質・出来形管理

工事の大半が水面下の作業であるため、施工後の出来形は、深浅測量値をもとに管理するが、高品質および安全・迅速に施工するため、敷砂工・サンドドレーン工および盛砂工では、工事に使用する作業船を大型化して、コンピュータを使った各種の施工管理システムを採用している。

①敷砂工・・・電波または光波測距儀を用いた位置出しシステムにより操船する。敷砂の天端高は砂散布周辺をオートレドで測量した後、潮位補正した結果がディスプレイ上に表示され、設計天端と比較した出来形を確認しながら施工する。

②サンドドレーン工・・・一連の砂杭打設作業が自動化され、光波測距儀による位置データ、ケーシングの深度

・砂量等の打設データは逐次コンピュータに送られ、中央にて一括して処理できる。必要な作業データはそこで収録され、作業船の日報・出来高管理表等を作成する。

③盛砂工・・・関空KKは、大型土運船による直投の模型実験および現場実験などから、土運船形状・水深・堆積形状の相関関係を把握している。

当工区では、施工前にこれらの実験結果を参考に全体の投入計画を作成し、沈下・安定面の検討を行い、投入手法・手順を決めている。

施工時には一船ごとの投入位置を決めて投入し、直後に自動深浅測量システムで測量を行い、投入形

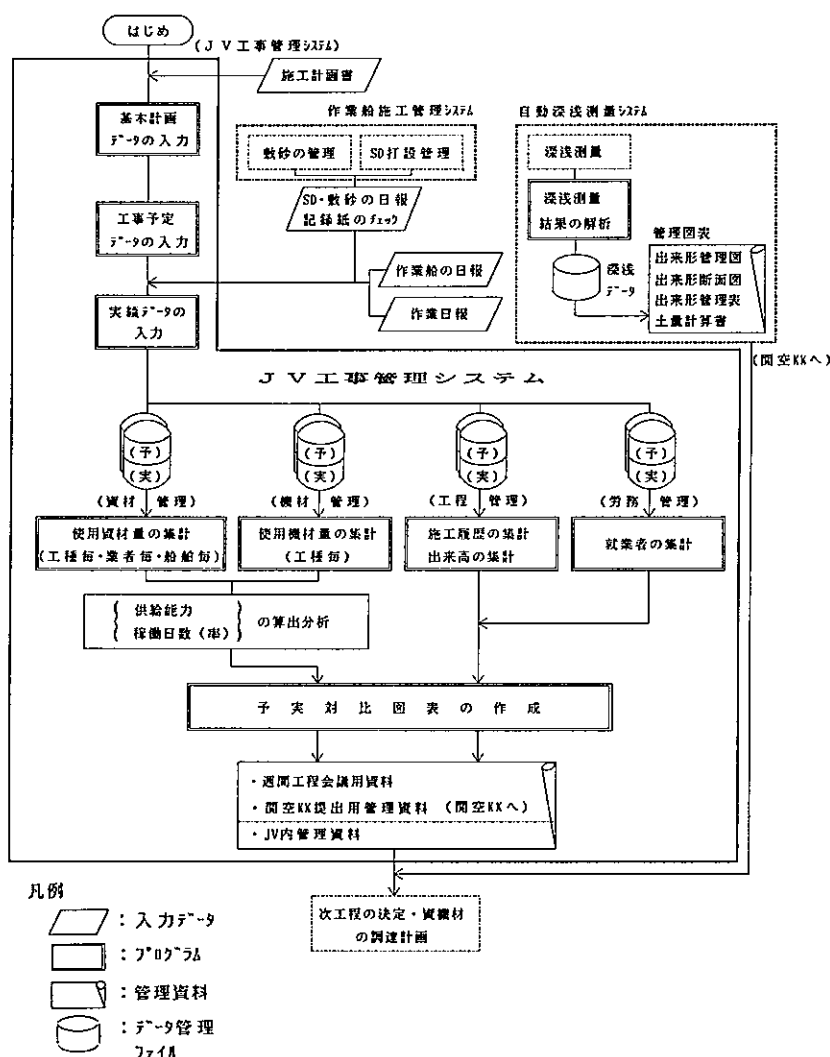


図-5 工事管理支援システムの流れ

状を即時に確認し、次回の投入位置を決定している。

4. 支援システムの概要

工事管理支援システムの流れを図-5に示す。支援システムとして、作業日報のデータを各管理項目ごとに集計して工程・進捗管理資料を作成するJV工事管理システム、出来形管理用の自動深浅測量システムおよび作業船施工管理システムに分類される。

ここではデータ処理を中心としたJV工事管理システムと自動深浅測量システムについて述べる。

(1) JV工事管理システム

管理項目を大別すると、工事工程管理、製作工程管理、資材管理、船舶・機械管理、労務管理の5項目に分類される。本システムのハードウェアはPC-9801を使用し、プリンタおよびプロッタを配している。その構成を図-6に示す。

a) 入力情報

入力はコンピュータとの対話方式で行い、基本工程計画時、詳細工程計画時、施工時の3段階に分けて入力する。

① 基本工程計画時

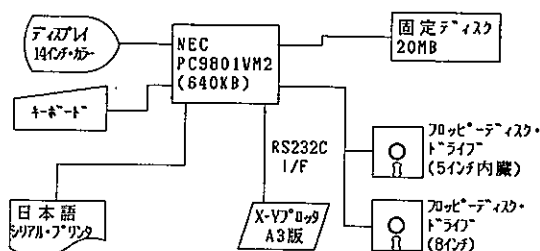


図-6 ハードウェア構成

- ・工事契約データ（工事名称、請負額、工期等）
 - ・基本計画データ（設計数量、稼働率、資材割増し率等）
 - ② 詳細工程計画時（週間）
 - ・施工予定データ（施工期間・施工予定数量等）
 - ③ 施工時（日々）
 - ・気象・海象データ
 - ・工程・資機材・労務実績データ
 - ・施工履歴データ
- 等であり、各工種ごとに入力する。その一覧を表-2に示す。

表-2 日次実績データの種類

工種 / 管理項目	基本データ	工 程	資 材	機 材	労 務	施工履歴
・数砂 ・捨石 ・盛砂	・施工年月日	・出来高数量(m³)	・使用船舶 ・資材の種類と数量 ・投入位置(x, y)	・主要船舶の 就労時間、運転時間 休止時間 休止内容 使用燃料と数量	・使用労務の 職種と人数	・施工開始のメッシュ数 と番号 ・施工中のメッシュ数 と番号 ・施工終了のメッシュ数 と番号
・S・D	・天候 ・有無波高 ・風速	・打設本数(本) ・打設延長(m) ・投入砂量(m³)	・使用船舶 ・資材の種類と数量	・主要船舶の 就労時間、運転時間 休止時間 休止内容 使用燃料と数量	・使用労務の 職種と人数	・施工開始のメッシュ数 と番号 ・施工中のメッシュ数 と番号 ・施工終了のメッシュ数 と番号
・ケーソン製作 ・上部ブロック製作		・ユニットごとの 鉄筋量(kg) 型枠組立量(m²) コンクリート量(m³) 型枠外し量(m²) ・製作完了数(個) ・コンクリート打設 完了数(個)	・鉄筋、型枠および コンクリートの 購入業者 使用資材 数量	・使用機材の 使用燃料と数量	・使用労務の 職種と人数	——
・消波ブロック製作		・型枠組立量(m²) ・コンクリート量(m³) ・製作完了個数 ・打設完了個数	・型枠、 コンクリートの 購入業者 使用資材 数量	・使用機材の 使用燃料と数量	・使用労務の 職種と人数	——
・ケーソン据付 ・上部ブロック据付 ・消波ブロック据付	同 上	——	——	・使用機材の 使用燃料と数量	・使用労務の 職種と人数	——

b) データの保存

日々入力したデータはディスクに保管し、週および月単位で集計する。ディスク内には、各管理項目ごとに以下に示す最新の 6 週間分のデータとその累積値が常に保存され、随時取り出せるようになっている。

- ・基本実績データ
- ・労務実績データ
- ・工程実績データ
- ・休止内容データ
- ・資材実績データ
- ・施工履歴データ
- ・機材実績データ

それ以前のデータは、1ヶ月毎にフロッピーディスクに保管する。

c) 出力資料

関空KKの個別工程会議用の指定様式管理資料、当工区独自の管理資料あわせて23種類の管理資料を出力する。その一覧を表-3に示す。一例として、関空KK提出用の週間工程表、J V内管理資料の資材管理表を図-7に示す。

(2) 自動深浅測量システム

本システムは、深浅測量船の位置出しを自動化し、

表-3 J V工事管理システム出力図表一覧

分類	図表名	摘要
関空KK提出用	1 週間工程表	施工実績数量と4週間分の施工予定数量
	2 ケーソン製作週間工程表	前週実績と今週予定
	3 上部ブロック製作週間工程表	同上
	4 消波ブロック製作週間工程表	同上
	5 護岸工事施工進捗図	施工の進捗状況を出力
	6 船舶等週間稼働実績予定表	前週の稼働実績と4週間分の稼働予定
	7 工事週報	前週の施工実績
	8 労務・機材月報	労務・機材の月単位の実績
J V管理用	1 月間工程表(その1)	任意の月の工程実績総括表
	2 月間工程表(その2)	任意の月の日々の施工実績一覧表
	3 年間工程表	任意の年度の施工実績一覧表
	4 出来高管理図	任意の工事の出来高管理図
	5 月間資材管理表	任意の月の日々の搬入数量および投入数量一覧
	6 年間資材管理表(その1)	任意の年度の月々の搬入数量および投入数量実績
	7 年間資材管理表(その2)	任意の年度の月々の業者別搬入数量一覧
	8 年間資材管理表(その3)	任意の年度の月々の資材別産地別数量一覧
	9 月間船舶機材管理表(その1)	任意の工種、任意の月の日々の稼働実績
	10 月間船舶機材管理表(その2)	全工種、任意の月の日々の稼働実績
	11 年間船舶機材管理表	任意の年度の月々の稼働実績
	12 主要船舶稼働状態管理表	主要船舶の稼働状態一覧
	13 月間労務管理表(その1)	任意の工種、任意の月の日々の労務実績
	14 月間労務管理表(その2)	全工種、任意の月の日々の労務実績
	15 年間労務管理表	任意の年度の月々の労務実績

現場でのパソコンによる迅速なデータ処理を可能にしたシステムであり、船上による測深部と陸上によるデータ処理部から構成される。システムのブロック図を図-8に示す。

本システムによる投入管理用、出来形管理用の出力図表は次のとおりである。

- | | |
|---------|----------|
| (投入管理用) | (出来形管理用) |
| ・測深データ | ・出来形管理図 |
| ・航跡図 | ・出来形断面図 |
| ・測線断面図 | ・出来形管理表 |
| ・深浅図 | ・土量計算書 |

5. 運用状況

(1) 利用状況

昭和62年の施工開始より現在まで約2年間利用しているが、請負業者としての当工区での利用状況を以下に示す。

a) 関空KKの施工管理システム

先月の施工実績および当月の施工予定データより作成したフロッピーディスクを月初に関空KKへ提出する。これらの作業には約2~3日を要する。関空KKでは全工区のデータを取りまとめ進捗状況を把握し、全体工程会議の席上で、各工区にフィードバックして各工区間の調整を行っている。

b) J V工事管理システム

工種および資機材はすべてコード化されているため、施工時には該当コードと施工数量を入力する。したがって、作業日報にもあらかじめ工種コード、機材コードが明記され、入力エラーを防ぐように工夫がなされている。1日の施工実績データの投入は翌朝作業日報を見ながら行うが、その作業に要する時間は約15~30分である。

週間工程会議用資料は、毎週月曜日に作成し提出する。それは当工区での工事管理用としても利用している。

他に当工区独自の管理用資料を随時作成しているが、その作成頻度は少ない。

c) 自動深浅測量システム

本システムは、リアルタイムな投入管理

に不可欠なものとなっており、従来の人手による誘導方法では海上に多数の測量機を設置しなければならず、設置場所の問題、設置費用の面からも、リアルタイムな管理はできなかったと思われる。

測深データの取り込み時に濁りによる影響を除去しているため、投入直後に測量しその約30分後には潮位補正した断面図を作成し、次回の投入位置を指示することができた。このときの潮位データは、関空KKのMCAからの情報を用いている。

陸上部でのデータ処理作業は、一日の平均的な測量範囲である約200m×600mの区域で、管理図作成までに要した時間は約3時間である。

(2) システム化の効果

システム化の効果を各管理システムごとにまとめたものを表-4に示す。施工業者の立場からみれば、作業船の自動化に伴う効果が顕著である。

表-4 システムの利用効果

システム名	利用者	使用目的	使用頻度	利用効果			
				業務の省力化	業務の迅速化	業務の精度向上	コスト削減
関空KK 施工管理 システム	関空KK	工程、費付、機材計画 測量機の配属 各工区調整	月	○	○	○	○
	J V	工程、費付計画 測量機の配属 測量機への提出書類作成	月		○	○	○
J V 工事管理 システム	関空KK	通関実績、予定配属	週		○	○	
	J V	関空KKへの提出書類の作成 実績の確認 出来高管理	週、月	○	○	○	○
自航 測量船 システム	関空KK	出来高の検査 以下測定のデータ	任意	○	○	○	
	J V	出来高管理 測量機への提出書類の作成 出来高の検査	日	○	○	○	○
	測量船	位置出し 測量機調整	日	○	○	○	
砂搬送船 施工管理 システム	関空KK	出来高の検査	日		○	○	
	J V	出来高の検査	日	○	○	○	○
	作業船	位置出し 敷砂層厚の管理	日	○	○	○	○
S D船 施工管理 システム	関空KK	出来高の検査	日		○	○	
	J V	出来高管理表の作成 オシログラフの管理	日	○	○	○	○
	作業船	位置出し 施工の自動化 (投入深度、砂量)	日	○	○	○	○

(3) 問題点

作業船の自動化については省力化がなされ、高精度・高品質な管理資料が作成されるため、問題点の指摘は少ない。しかしJ V工事管理システムについては、以下の問題点が残されていると思われる。

①関空KK貸与の施工管理システムの中の全体工程会

議用データ入力プログラムとJ V工事管理システムのデータファイルを共用できない。したがって、同様なデータを再度入力する必要がある。

②データの入力作業が煩雑である。データ入力はキーボードにより行うため、作業現場では習熟するまでに時間を要する。本工事のように資機材がコード化されていれば、バーコード方式のような入力により作業の簡素化を図る必要がある。

③例外処理に対しての処理ができない。必要とするデータはディスクに登録されているものの、処理手順がプログラム化されていない例外事項を処理する場合に、現場では即座に対応できない。

6. あとがき

以上述べてきたように、作業船の自動化に関しては一応満足できるものと思われる。一方、J V工事管理システムに関してはまだ改良の余地がある。特に入力の簡素化とともに、処理の迅速化を図る方向で、今後のシステム化の際に参考にし、施工現場で利用し易いものにしていきたい。

また、フロッピーディスク等に蓄積される全工事期間を通しての施工実績データは莫大で貴重な情報となりうるものであり、これらのデータの有効活用方法もあわせて検討していくつもりである。

なお、本論文の作成にあたり(社)日本埋立浚渫協会を始め各関係機関の資料を参考にさせて頂いたことをお断りしておきます。

(参考文献)

- 塩見雅樹：関西国際空港建設における情報化施工、土木学会 第5回建設用ロボットに関する技術講習会「情報化施工とロボット化への展望－水中施工編－」
PP. 1～12, 昭和61年11月
- 日本埋立浚渫協会：空港島建設計画の設計と管理
PP. 1～23, 昭和61年 2月
- 早田修一、坂井 彰：「関西国際空港」空港島護岸建設の施工管理 建設の機械化
PP. 10～15, '88.10