

## 海洋掘削状況管理システムの開発と適用

Development and Application of a hydrographic surveying system for  
the control of submarine excavating conditions

榎熊谷組 ○角田素男\*

同上 平野晶己\*

同上 岡崎謙三\*\*

同上 原田雅弘\*\*

By Motoh TSUNODA, Masaki HIRANO, Kenzou OKAZAKI, and Masahiro HARADA

海洋工事を行なうに当たって、海底の地形を精度良く把握して、その情報を工事計画・管理に迅速に反映させることは大変重要である。今回、作業船より調査海域を連続測深する事で、海底地形や掘削状況、コンクリート打設状況等の情報をリアルタイムに処理するシステムを開発した。本システムの特徴は、全てのデータ処理をパソコンで可能にした為、作業船上で手軽に海底状況をモニターできる。また、解析結果はカラー画像、数量表、カラー図面がその場で得られるため理解し易く、且つこれらは成果物として直接提出できるので、後でデータ整理や図面の消書等に手間が掛からず時間節約が図れる。

このシステムは来島大橋海峡部地質調査工事（その4）において、海底掘削状況の管理に使用したところ、短時間に高精度で海底の施工状況を把握することができた。

【キーワード】 情報化施工、施工管理、土量管理、計測、測量、システム開発

### 1. はじめに

海洋工事では、陸上工事と違って施工箇所の地形状況を直接目に見る事が出来ない。従って、工事を行なうに当たって、海底の地形を精度良く把握する事が大変重要である。

現在行なわれている海底地形の測量には、①グラブ船装備の巡回式超音波測深機を使う方法、②台船に送受波器を横並びに設置した、マルチチャンネルの超音波測深機を使う方法、③台船または測量船に回転式マルチファンビームの超音波測深器を装備して測定する方法がある。これらの測定方法は、それぞれ特徴があり、測量の用途に応じて使われているが、実際の工事現場で日常の施工管理用として使用

するには、まだ解決しなければならない問題が多々ある。今回、来島大橋海峡部地質調査工事（その4）において、海底掘削状況を管理するための専用のシステムを開発し、同工事に供用したところ、現場での厳しい要求にも対処でき、好成果をおさめる事ができた。

本報文は、今回開発した海洋掘削状況の管理システム及びこの適用例について述べるものである。

### 2. 海洋掘削状況管理システムの開発

#### (1) 管理システムの概要

本海洋掘削状況管理システム（以後管理システムと称す）はエレクトロニクスによる高精度の計測と、膨大なデータ処理・迅速な情報処理を目的として開発した。このため、入力データの省力化、簡素化を図り、操作にあたっては対話形式を、また解析結果の出力では、図面や数量表の作成に自動化を図り、無人で何枚でも作成できる様になっている。

\* 技術研究所 海洋技術開発部 03-260-2111

\*\* 四国支店 本四来島作業所 0898-33-3722

## (2)ハード構成

図-1にハードの構成を示す。図の上半部が測深ハードで、下半部がデータ解析ハードである。測深システムでは、余分な機材を使わず手軽に計測するため、持ち運びに便利なラップトップ式のパソコン(PC-9801LV, NEC製)を使った。測深は、精密小型音響測深機(PS-20W, 海上電気製)を使っているが、計測制御は全てラップトップパソコンで行なっている。解析システムを分離したのは、計測時に余分な器材を船内に持ち込まなくて済む様にしたためで、計測したデータは3.5インチのフロッピーを介して解析ハードへ送られる。解析は現場事務所に備っているパソコンを使い、作図や数量表の作成を夜中に無人で行ない、翌朝これを成果品としてまとめる。夜中に無人で解析を行なうために、X-Yプロッターはロール式のものを使用している。

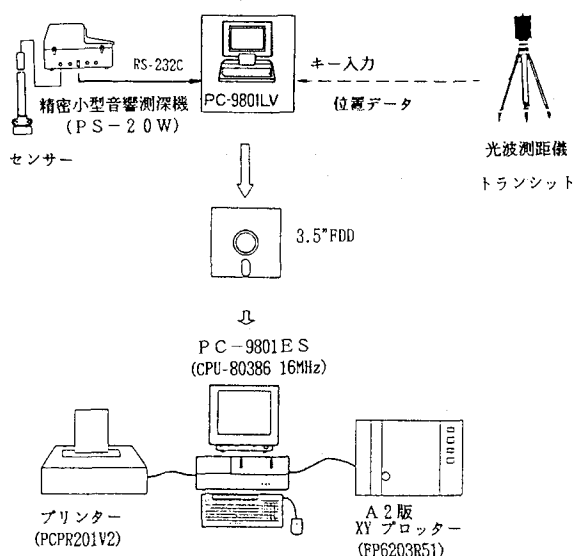


図-1 ハード構成

## (3)要素システム

本州四国連絡橋来島大橋において、海底岩盤の試験掘削の測深に使用した管理システムは、独立した要素に分けた、幾つかのシステムで構成されている。

測深調査は、風や波浪の影響が少ない穏やかな時期を選び、精密音響測深機を有するグラフ後漂船から、調査海域を移動しながらの連続した測深を行なったが、この時の要素システム構成は、図-2のとおりである。

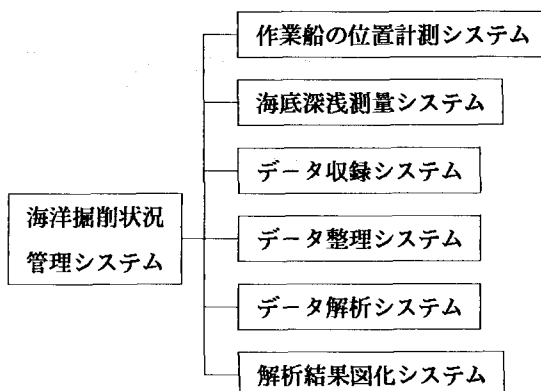


図-2 要素システム構成

以下、それぞれの要素システムについて記す。

### a) 作業船の位置計測システム

既存の測量システムを用いて、グラフ後漂船の位置を陸上から光波測距測角儀により測量し、トランシーバによりグラフ後漂船の計測用コンピュータに入力する方法をとっている。

### b) 海底深浅測量システム

精密小型音響測深器(PS-20)は、測深した深浅測量データを、記録紙にアナログ出力すると共にデジタル値を表示する。このデジタル値は、RS-232Cを介して計測用コンピュータに転送され、ディスプレイ画面上に測深データとして図表に出力される。ここで測深データの確認が行なえる。

### c) データ集録システム

海底深浅測量は精密音響測深器を搭載したグラフ後漂船の位置決めから始まり、深浅測量の直前、直後にグラフ後漂船の位置データを入力する。位置データは船首、船尾の2点（反射ミラー位置）の測距、測角データを入力すると3次元位置データに変換される。海底測深はグラフ後漂船の船首に設けられた測定棒を、円弧状に連続移動し行なう。海底測深開始のキーが入力され、最初のマーカー（測定信号）が入力されるとデータ収録を開始して、海底測深一時中断のキーが入るまでデータ収録を行なう。この海底測深は図-3のグラフ船平面に示す様に、測定棒の回転半径を変えて3度繰返し、1地点の深浅測量データとして約120個程度収録する。

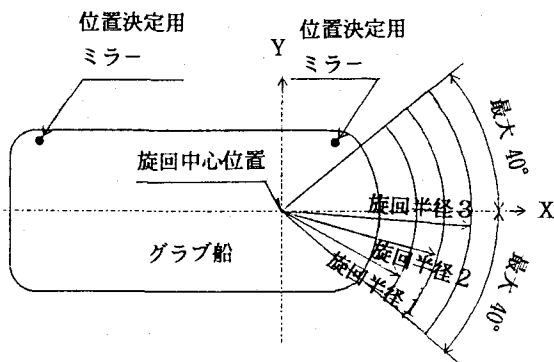


図-3 グラブ後漂船平面図

図-4の深浅測量ブロック割に示す様に、調査範囲は52(=13×4)にブロック割りし、グラブ後漂船を順次各ブロックの測定地点に移動して測深する。1地点の深浅測量に要する時間は約5分、グラブ船の移動に約5分、その他測深準備に約5分、計15分程度かかる。

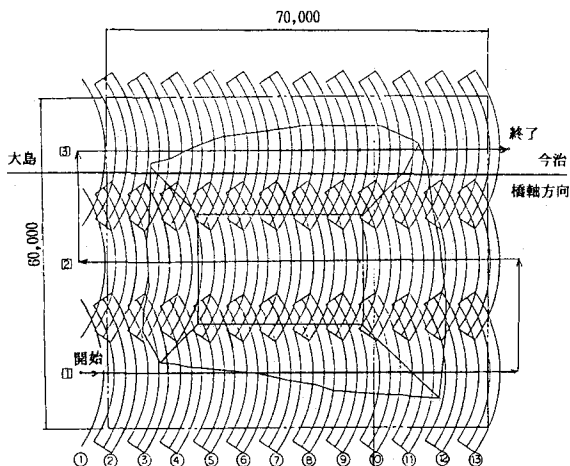


図-4 深浅測量ブロック割り

また、船の位置データは必要であれば、複数回入力することが可能であるので、測定棒上端に装着した光波測距用の反射ミラー位置を適宜測量する事により、潮汐の変化を捉えることができる。

#### d) データ整理システム

深浅測量データを解析用のデータに変換するシステムで、単発的な異常データのチェックを行なうと共に、測量座標系から橋軸直角を基準とする座標系に変換し、海底地形の3次元座標値として整理し直す。また、解析時間短縮のためのデータ編集を行なう。

#### e) データ解析システム

整理された海底深浅測量データを基に、海底地形掘削状況の解析を行なう。解析プログラムの構成を図-5に示す。このデータ解析システムで、解析された結果は、ディスプレイ表示およびプリンター印字により出力される。メインとなる格子点座標計算における、格子点数は71×61=4331点としている。

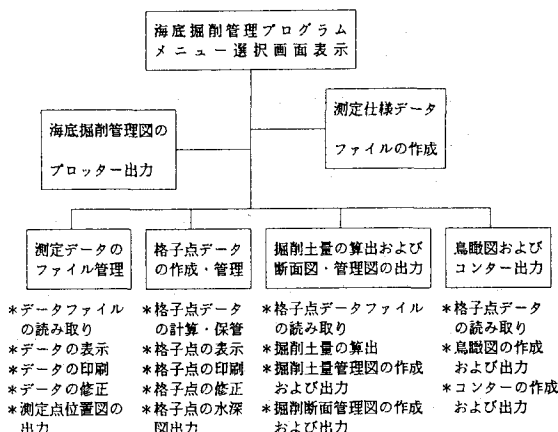


図-5 海底地形解析プログラム構成

#### f) 解析結果図化システム

データ解析システムの解析結果を、プロッターを用いてA2版の成果品として図化するもので、下記の図面をロール紙に連続して出力することができる。

- ①測定点データ図 (白黒、カラー)
- ②水深図 (白黒、カラー)
- ③等深線図 (白黒、カラー)
- ④土量変化図 (白黒、カラー)
- ⑤掘削断面図 (縦断面図) (白黒)
- ⑥掘削断面図 (横断面図) (白黒)
- ⑦長瞰図 (白黒)

#### (4) システムの特徴

表-1に本システムと他システムの比較を示す。本システムは、現場からの要求に応えるために、次の特徴を有する。

##### a) ハードシステムに対する特徴

測定、解析に使用するコンピュータは、全て何処の現場にも有るパソコンとした。このため、操作が簡単で、現場の担当者のみで測定から解析、作図まで行なえる。

測定は、余分な機材を使わずラップトップ式のパ

ソコンのみで計測制御を行なうので、手軽に計測でき、測定時の移動・運搬が楽にできる。

既存の独立した測量システムを組合せて、ハードを構築したので非常に廉価である。

b) 入力に対する特徴

入力は全て会話型形式を採用しているので、ディスプレイ画面に表示される操作手順に従って操作すれば、コンピュータに不慣れな人にも、マニュアル無しで操作が簡単にできる。

煩わしい入力をできるだけ減らすため、リターンキーを入力すると通常頻繁に使用される入力値が自動設定される。

c) 測定に対する特徴

測定と解析システムを分離したので、計測時に余分な器材を船内に持込なくて済む。

測定時のパソコン画面に、測定位置、測定深度等のモニターができるため、測定不良や欠測の確認が可能で、再測量等の判断が的確で、船舶移動等の即時決定に有利である。

d) データ収録、データ整理に対する特徴

測定データは、全て3.5インチのフロッピー1枚で収録できるので、データの管理、整理がし易く、更に、その1枚のフロッピーのみで全ての解析が行なえる。

e) データ解析に対する特徴

操作が簡単で、現場の担当者のみで行なえる。解析結果は、ディスプレイ画面に数量表や、カラー図面を表示する。

f) 解析結果の図化に対する特徴

ロール紙式のプロッターを採用し全自動としたので全くの無人で行なえる。夜に作図条件を入力しておけば、翌朝には作図を完了できる。

作図は、成果物として直接提出でき、後でデータの整理や清書などに時間が掛からない。

### 3. 海洋掘削状況管理システムの適用例

本管理システムを本州四国連絡橋来島大橋の海底岩盤の試験工事に使用したところ、短時間に高精度で海底の施工状況を把握することができた。この事例について以下に述べる。

(1) 測定概要

掘削場所 : 来島大橋アンカレイジ4 Aの基礎部  
掘削の試験工事位置 (写真-1はグラブ後漂船三友での掘削状況)

測定点数 : 7200~7500点

測定面積 :  $60\text{m} \times 70\text{m} = 4200\text{m}^2$  1.75点/ $\text{m}^2$

格子点数 :  $61 \times 71 = 4331$ 点

測定調査回数 : 7回

最終成果物 : 測深調査毎に、水深図(1/500)、縦横断面図(1/500)、等深線図(1/500)、鳥瞰図(1/500)、土量計算結果を提出

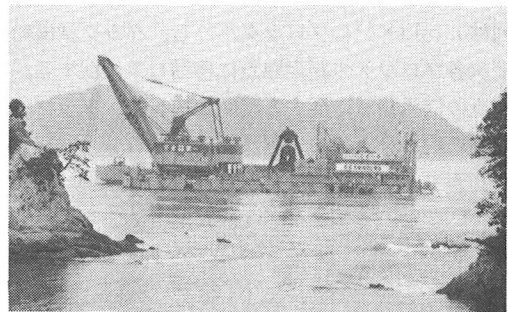


写真-1 掘削状況 (グラブ後漂船三友)

(2) 測定方法

測深は図-6に示す方法で行なった。測深機センサーの高さは、測深棒に取り付けた反射ミラーの高さを、近くの島に設けた不動点からセオドライトで測量し、そのミラーの高さから測深棒長を引いて求めた。海底面の深さは、測深機センサーからの深度を引くことにより求めた。

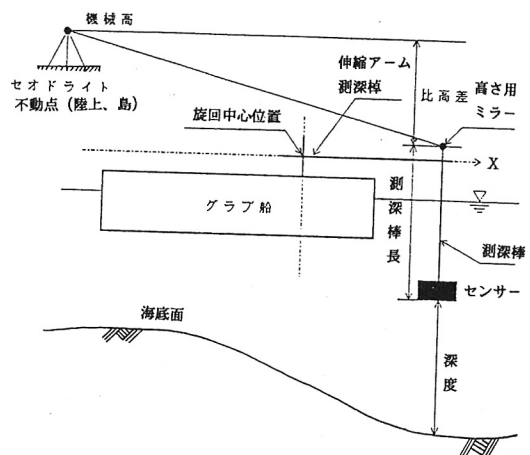


図-6 海底地形測深方法

写真-2に測深状況を示す。測深はグラブ浚渫船の船首に設けられた測定棒を、円弧状に連続移動しながら行なう。

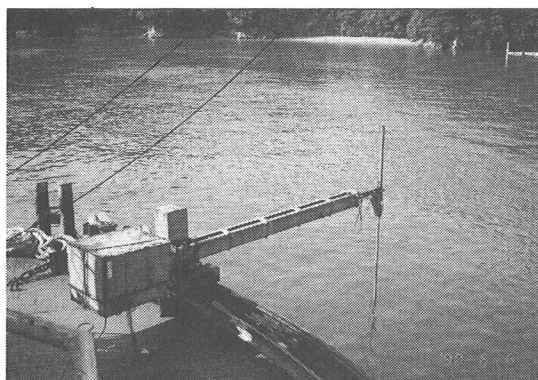


写真-2 測深状況

測深点の平面座標位置の測量は、グラブ浚渫船の船首、船尾の2点に固定した反射ミラー位置を、不動点から測距、測角し、グラブ浚渫船の位置を求め、さらに測深センサー位置のXY座標値を演算して求めた。

### (3) 測定点データ図

写真-3に測深点の位置データの画面表示例を示す。コンピュータのディスプレイ画面では、深さに応じて色が異なるので、一目見ると深さ関係が判る。

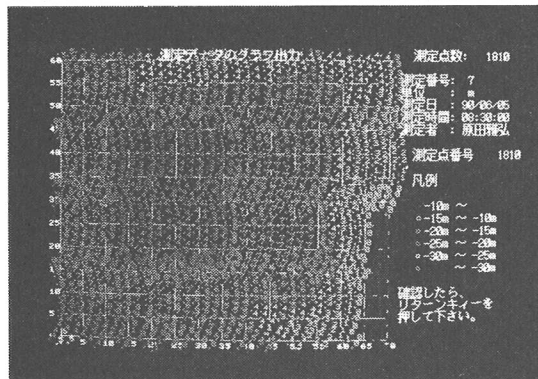


写真-3 測深点位置データの表示

### (4) 水深図

写真-4に水深図の画面表示例を示す。コンピュータのディスプレイ画面が狭く、一度に全格子点(61×71=4331点)を表示できないので、測深領域の1/25の面積を示している。この例ではX=42m~56m、Y=36m~48mの領域である。この図も、ディスプレイ画面では、深さに応じて色が異なるので、一目見ると深さ関係が判るようになっている。

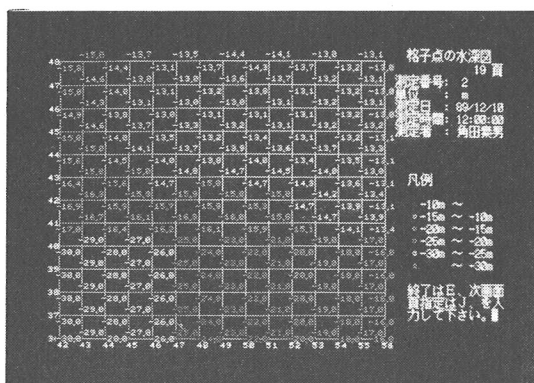


写真-4 海底地形水深の表示

### (5) 鳥瞰図

写真-5~8に掘削に伴う海底地形状況を鳥瞰図に表示した例を示す。写真-5は、掘削前の海底地形を表示しており、写真-6、7は掘削工事の施工中のものを表示している。段々に掘削が進み深くなる状況が良く判る。写真-8が計画高まで掘削の完了した状態である。

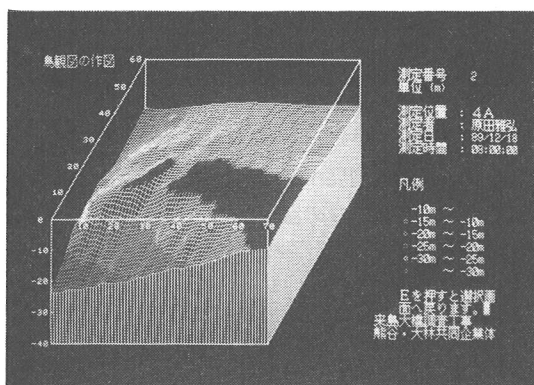


写真-5 海底地形状況 (掘削施工前)

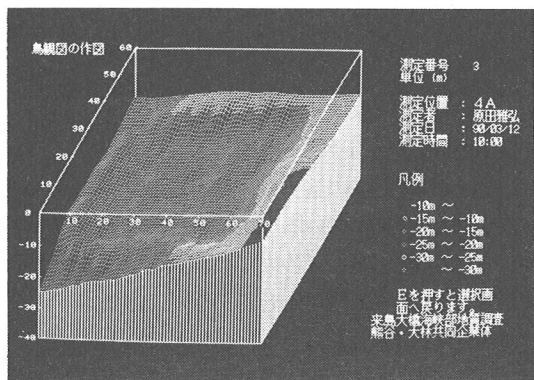


写真-6 海底地形状況 (掘削中)

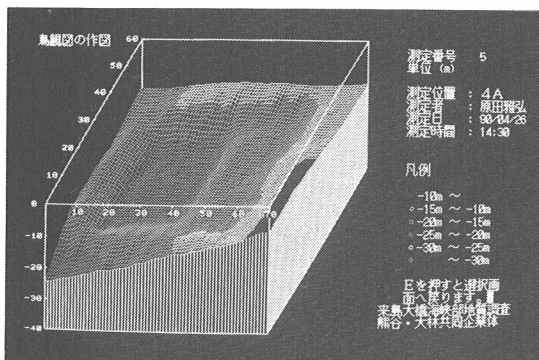


写真-7 海底地形状況 (掘削中)

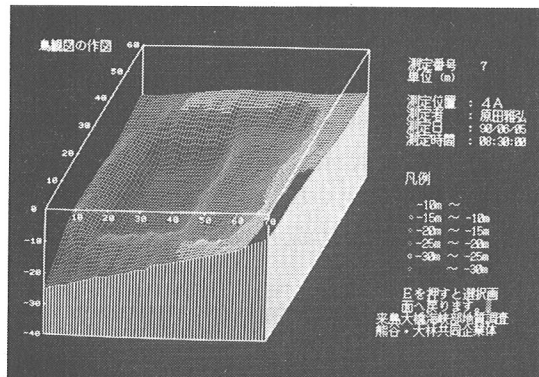


写真-8 海底地形状況 (掘削完了)

#### (6)等深線図

写真-8の掘削完了時の海底地形状況を、等深線図で表すと写真-9のようになる。

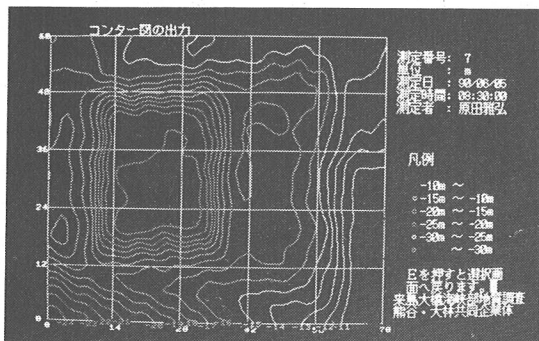


写真-9 海底地形等深線図

これらの鳥瞰図や等深線図、さらに後述するが土量変化図等を掘削の施工中に見ることによって、どの辺の掘削が遅れているかあるいは掘り過ぎているのか、計画盤迄あとどの位なのか等の判断ができ、瞬時に次の施工に役立たせることができる。

#### (7)土量変化図

写真-10に土量変化図の画面表示例を示す。これは、X=33mの横断面図例であるが、指定すれば任意

の横断面および縦断面が表示される。この画面から、掘削前の海底地形線と掘削後の海底地形線の変化が把握できる。掘削断面の面積および全掘削土量は、数値として右上に表示される。

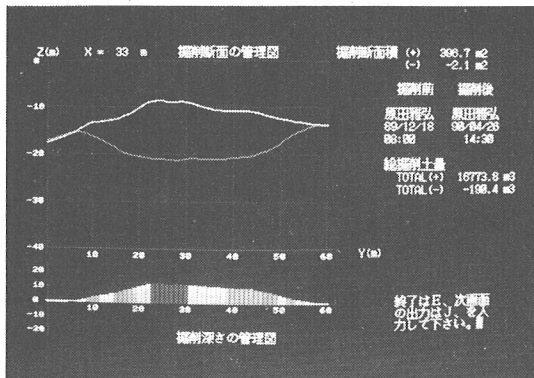


写真-10 海底地形土量変化図

#### 4. おわりに

現在大型土木工事の施工において、パソコンを一台も使用していない現場は無いであろう。半面、パソコンより上位機種、例えばミニコンとかワークステーションと呼ばれる機種を備えている現場も稀である。それは、価格の違いも大きな理由であろうが、現場の土木技術者にとってパソコンは手軽で簡単に使えるが、それ以上に電算知識を必要とするコンピュータを使いこなすことは難しい。また、一般の作業現場では、人手が足りないのが常であり、とても電算業務の専属技術者を置く訳にはいかない。従って、手軽に使えるパソコンが土木現場では、最も普及している。

このような状況を鑑みて、著者らは「現場ではパソコンを有効利用する。」という観点にたち、時間の節約、業務の低減、施工技術の高度化を目指し、今回のシステム開発を考えた。土木工事における施工管理のシステム開発では、その現場独自の施工ノウハウを尊重すること、現場担当者の要求に応えることが非常に重要であることを痛感した。

本報告で紹介した海峡部における橋梁のアンカレイジ建設工事では、掘削工事のみでなく今後ケーソンの据え付け工事、コンクリート打設工事へと引き続くが、工事の進捗に伴った施工管理システムの構築を推し進めることに拠り、情報化施工技術の発展に貢献せんことを望む次第である。