

# 港 湾 技 研 資 料

TECHNICAL NOTE OF  
THE PORT AND HARBOUR RESEARCH INSTITUTE  
MINISTRY OF TRANSPORT, JAPAN

No. 630      Sept. 1988

捨石マウンド築造工事の効率化に関する研究  
—捨石投入シミュレーションプログラム（天端面用）  
および施工管理図面作成プログラムの開発—

梅	谷	登	志	文
木	原	純	孝	孝
根	本	孝	志	志
篠	原	丈	丈	人

運輸省港湾技術研究所



## Development of Effective Programs for Rubble Mound Construction Works — Development of Rubble Dumping Simulation Program and a Program to Make Figures for Rubble Mound Construction Management—

Tosifumi UMETANI \*  
Sumitaka KIHARA \*\*  
Takashi NEMOTO \*\*\*  
Taketo SINOHARA \*\*\*

### Synopsis

We developed a rubble dumping simulation program and a program to make figures for rubble mound construction management.

The former can simulate the piling process of rubble mound construction.

The way of simulation is based on the idea.

That first, the shape of pile of one rubble dump is calculated and next, the result is added to the shape of rubble mound before dumping. Then, using this method on the personal computer we can simulate the piling process of rubble mound construction.

The latter draws all kind of figures for rubble mound construction management.

They are three dimensional figure, sectional diagram and so on.

Figures can be obtained by printers or XY-plotters and at the same time we can see them on the graphic display.

Both programs are already used for the rubble mound construction works of Kamaishi Port.

We confirmed the availability of them using the data obtained in the field.

These programs are produced for personal computers and easy to use.

They turn the way of the construction management.

The article reports on the basic concepts of programs and the practical use of them.

**Key Words:** Control, Simulation, Break Water, Data Processing

---

\* Former Member of the Working Craft Development Laboratory, Machinery Division

\*\* Chief of the Instrumental Construction Control Laboratory, Machinery Division

\*\*\* Member of the Instrumental Construction Control Laboratory, Machinery Division

# 捨石マウンド築造工事の効率化に関する研究

—捨石投入シミュレーションプログラム(天端面用)および施工管理図面作成プログラムの開発—

梅谷登志文\*

木原純孝\*\*

根本孝志\*\*\*

篠原文人\*\*\*

## 要 旨

近年、港湾工事の効率化の一環として要請の高い施工管理技術の一つとして、底開式捨石投入船を使った捨石マウンド築造工事における施工管理図面作成プログラムおよび、捨石マウンド天端面への捨石投入シミュレーションプログラムを開発した。

施工管理図面作成プログラムは、測量データファイルをもとに深淺図、比高深淺図、横断面図、比高横断面図、等深線図、比高等深線図、縦断面図、比高縦断面図、鯨畷図、比高鯨畷図、矩形図、比高矩形図、残高等深線図、複合等深線図、捨て石量の15種類の施工管理図面をプリンタならびにプロッタへ出力する機能を有している。このプログラムの特徴は、前述の15種類の施工管理図面のうち使用頻度に応じて4タイプの出力図面種類組合せで連続的に作図できる自動動作モードと必要な図面を任意に指定し、まとめて作図できる手動動作モードとを備えている点にある。

捨石投入シミュレーションプログラムは、捨石マウンド天端面の任意の位置に1,000 m<sup>3</sup>または300 m<sup>3</sup>の投入量で捨石を投入した場合の捨石マウンド形状の変化を予測する機能を持っている。また、シミュレーション結果は測量データと同じフォーマットで記録できるため、施工管理図面作成プログラムを使ってシミュレーション結果の多角的な検討も可能である。

シミュレーション手法は、捨石一投分の堆積形状を数式化し、その計算結果を測量データに加えていくことで捨石マウンド形状を予測できるとの考え方を前提としている。

両プログラムは、釜石港湾口防波堤築造工事において実際に使用されており、当研究室でも現地測量データを用いてプログラム機能、精度の検証を行い、その結果実用上十分であることを確認している。

キーワード：シミュレーション、防波堤、データ処理

## 1. まえがき

港湾工事は、自然をその対象としており、また水中での作業が大半を占めるため施工の自動化、高精度化が他

の分野に比べて非常に困難なものとなっている。近年になってようやく施工および施工管理の本格的な自動化をめざし、各種のセンサおよび制御装置を登載した作業船、捨石均し機、水中調査ロボットが出現してきたところで

\* 前機材部 特殊作業船開発室

\*\* 機械技術部 計測施工研究室長

\*\*\* 機械技術部 計測施工研究室

ある。

その一方では、釜石湾口防波堤、関西空港や沖合い人工島に代表される港湾工事の多様化や大規模、大水深化がますます増加する傾向にあり、工事の効率化が要請されている。このなかで、大水深防波堤築造工事は全体の工事に対して捨石マウンド築造工事の占める比重が非常に大きなものになっており、捨石投入段階からの能率的かつ経済的な施工が要求されている。

このような状況下において、捨石マウンド築造工事の施工管理作業は、依然として作業能率の問題から多様な施工管理用図面のうち作成する図面の種類、枚数などを限定し、深淺図、断面図などのごく限られた図面の検討をもって行っているのが現状である。これには、通常当該作業に熟知した職員があたっている。

このような背景を認識し、港湾工事の多様化と大規模大水深化への傾向と共に増大してきている施工管理の効率化および施工の経済化に対する要望に応じるべく、施工管理図面作成プログラムならびに捨石投入シミュレーションプログラムを開発した。また、両プログラムはあらたなセンサ、機器および測定方法の出現時にはこれらを港湾工事に有効に応用したり、施工管理のシステム化、作業船の知能化、さらにはリアルタイムでの施工情報の収集、処理、施工への反映により港湾工事の精度の向上、効率化ならびに迅速化をめざす情報化施工技術の概念の一部を形成することをも目的としている。

プログラムのもたらす効果としては、施工管理業務の効率化が第一にあげられる。たとえば、測線間隔が5m、長さ100m、幅200mの範囲の施工管理用図面を施工管理図面作成プログラムで作成可能な15種類の図面について作成すると合計137枚となる。これを手作業で作成するとなると、かなりの労力を必要とする。なかでも、各種比高図や等深線図などの作成にあたっては861個の測量水深値の差を計算したり、各測線ごとに断面積を算出したりする必要があり、作図のために莫大な計算を行うことにもなる。したがって、現実にはこれほど多くの図面を人手によって作成することは、作業効率の面からも計算結果の正確さの点からも実用的ではなく従来の手作業では横断面図ぐらいしか作成できなかった。

また、鯨敵図（本文では、施工管理図面作成プログラムの表現に当たって陰線処理を施した三次元的立体表示図を表す名称として使用する。）のように全体的なマウンド形状を視覚的にとられる場合に非常に有効で利用価値の高い図面も手作業では作成困難である。

このプログラムの開発には、近年急激に進歩してきた電子技術、特にパーソナルコンピュータ技術の成果が生

かされており、大型計算機用として開発された一般のプログラムに比べて小回りのきくものとなった。

本プログラムは、現在築造中である釜石湾湾口防波堤基礎築造工事の事例に基づき、第二港湾建設局宮古港工事事務所の協力を得て開発したものである。プログラムの性格上釜石港での使用を前提としているが、施工管理図面作成プログラムは使用するデータのフォーマットを調整すれば、他の分野にも作図プログラムとして広く利用できるようになっている。今後、港湾工事において本プログラムが広く利用されることにより、施工管理業務等の効率化の一助となることを願って、ここにプログラムの機能と開発の経緯とを報告するものである。

## 2. 必要装置とプログラムの概要

### 2.1 プログラムの実行に必要な装置

今回開発したプログラムを使用するために必要な装置の構成を図-1にまた、その主要性能を表-1示す。ここにあげた機器はプログラム開発に使用したもので、互換性のある機種（PC-9801シリーズ、PC-98XA、PC-98XL、PC-98XL<sup>2</sup>、他）ならば他の組合せでも使用できる。

このうち、最小限必要な構成機器としてはパーソナルコンピュータ本体、ディスプレイのみである。このような機器構成としたのは、おもに以下の点に配慮し実用性を重視したためである。

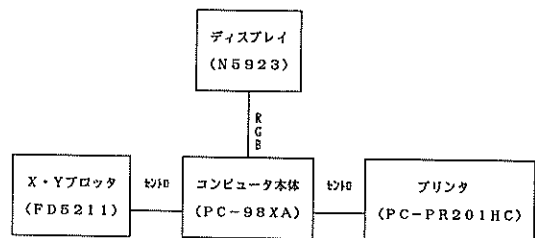


図-1 機器構成

(1) 導入にあたって現有の機器で対応できるように普及率の高い機種を採用する。

(2) 現場で使用できるようにハードウェアの機動性を確保する。

(3) めまぐるしいハードウェアの世代交代に対応できるようにソフトウェア面での柔軟性をもたせる。

(4) 機器の取り扱いが容易で、修理や維持管理のサ

表-1 使用装置主要性能

機 器 名	項 目	内 容
CPU	形 式 CPU テキスト表示 グラフィック表示 フロッピーディスク ハードディスク	PC-98 XAmode1 3 80286, 8 MHz, 数値データプロセッサ増設 80 文字×25 行, 漢字は 40 文字×25 行 1120×750 ドットカラー画面, 4096 色中 16 色表示 1 M バイト×2 台 20 M バイト×1 台
ディスプレイ	形 式 入力信号 画面寸法 解像度	N 5923 アナログ RGB 14 インチ 1120 ドット (水平), 750 ライン (垂直)
プリンタ	形 式 印字方式 印字速度 最大用紙幅	PC-PR 201 HC ドットインパクト方式 (カラー印字可能) 150 字/秒 (ANK 文字) 16 インチ
プロッタ	形 式 最大用紙寸法 最大ペン数 分解能 最大作図速度	FD 5211 594×432 mm (JIS A 2) 10 本 0.00625 mm (機械的) 0.05 mm (プログラム) 625 mm/秒

※表中の機器はプログラム開発に使用したものです。プログラムは、これらと互換性のある機種のもとで動作します。

ービスが全国どこでも受けられる機種を採用する。

## 2.2 施工管理図面作成プログラム概要

施工管理図面作成プログラムは、捨石マウンド築造工事の施工管理業務において必要とされる各種施工管理用図面を CRT 画面表示もしくはプリンタ、X-Y プロッタに出力するものである。その主要機能を表-2 に示す。

プログラムで使用するデータファイルは、表-3、表-4 に示す記録内容のレコード長が 256 バイトのバイナリデータファイルである。

このプログラムは、当初 BASIC 言語を用いて作成し半年間の試用期間を通じて現場使用者からの意見をもとに改良を加え、昭和 62 年度より釜石港湾口防波堤築造工事の施工管理図面作成用として使用されている。昭和 62 年度には機能強化と汎用性の確保のためにプログラムの大改造を行い、使用言語も C 言語に変更し、プログラムは画面表示から命令入力方式に至るまで一新された。

この改造の結果、プログラムは 1,120×750 ドットと 640×400 ドットとの 2 つのグラフィック表示をプログラムの変更なしに使えるようになり、実行速度も 10 倍程度はやくなった。

特に、1,120×750 ドットのグラフィック表示はち密な

図面が作成できる利点を持ち、今後増加するとみられる 32 ビット機においてもこのグラフィック表示が使用可能である。

プログラムには、誰でもが簡単に使えることを目標として以下の特徴を持たせている。

(1) 操作するキーの種類と操作回数とを極力少なくし、右手だけで操作できるように主要操作はカーソル移動キーとリターンキーのみで行える。

(2) 操作説明書がなくとも操作できるように主要メニュー画面下部に操作方法を表示する。

(3) キー入力ミスによる誤動作を防止するために不適切な入力を受け付けずに警報を発する。

(4) 設定可能な値の範囲が必要に応じて画面に表示され、その値の範囲内でのみカーソル移動キーの操作で数値入力が行える。

(5) 使用可能測量データファイル名一覧をその入力が要求される画面で表示し、ファイル名を手入力せずにカーソル移動キーを使って使用するファイル名を指し示すだけで入力できる。

(6) 主要な操作命令の入力は、画面に表示されたメニューをカーソル移動キーを使って指し示すだけで行え

表-2 施工管理プログラム概要

出力図面種類	深淺図、等深線図、横断面図、鯨瞰図 矩形図、縦断面図、複合等深線図、残高等深線図 比高深淺図、比高等深線図、比高横断面図、比高鯨瞰図 比高矩形図、比高縦断面図、捨て石量
図面出力方法	プリンタ：画面ハードコピー、カラー可 プロッタ：A2、A3サイズ変更可
作図範囲	最大300m×1200m（5mピッチのデータ）
コマンド入力	メニュー表示の対話方式
動作モード	自動施工管理：4タイプの出力モードのうちから選択して、 必要な図面をプリンタへ出力する。 手動施工管理：必要な図面を1枚毎にプリンタ、プロッタへ出力又は リピート機能により選択した図面をまとめてプリンタ プロッタへ出力する。
OS	MS-DOS Ver 3.10
対応機種	CPU NEC PC9801 シリーズ、98XA・XL及び同等品 メモリ 384KB以上必要 プリンタ NEC PC-PR系及び同等品 プロッタ グラフテック FDシリーズ

表-3 測量データファイルのレコードの内容

レコード番号	バイト位置	項目	内容
1	0~1 2~3 4~5 6~7 8~9 10~11 12~13 14~15 16~17 18~19 20~21 22~256	地区区分 ファイル種類 測量年 測量月 測量日 X方向測線間隔 全体のX始線 全体のX終線 Y方向ピッチ間隔 Y始点 Y終点 ダミデータ	1：北提 2：開口部 3：南提 4：その他 1：計画 2：原地盤 3：測量 4：シミュレーション 西暦下2桁 01~12 2桁 01~31 2桁 2桁まで m単位で記録 m単位で記録 m単位で記録 2桁まで m単位で記録 m単位で記録 m単位で記録
2番以降	0~1 2~3 4~5 6~7 8~9 10~11 12~13 14~15 16~17 18~256	測線No 測量年 測量月 測量日 2素子クロスファンの区分 データ処理方法 使用チャンネル 使用チャンネル ダミデータ 水深値	4桁まで 西暦下2桁 01~12 2桁 01~31 2桁 1：2素子 2：クロスファン 1.平均 2.最浅 3.最大 4.直上 チャンネル番号 チャンネル番号 cm単位で記録 2バイトずつ使用

表-4 計画データファイルのレコードの内容

レコード番号	バイト位置	項目	内 容
1	0~1 2~3 4~5 6~7 8~9 10~11 12~13 14~15 16~17 18~256	地区区分 ファイル種類 測量年 測量月 測量日 X方向測線間隔 全体のX始線 全体のX終線 区間数 グミデータ	1:北提 2:開口部 3:南提 4:その他 1:計画 2:原地盤 3:測量 4:シミュレーション 西暦下2桁 01~12 2桁 01~31 2桁 2桁まで m単位で記録 m単位で記録 m単位で記録 X方向の区分数
2番以降	0~1 2~3 4~5 6~7 8~9 10~256	X始線 X終線 座標点数(n個) Y1座標 Z1水深	区分の開始測線番号 区分の終了測線番号 Y方向の変曲点数 cm単位で記録 cm単位で記録  以降 2バイトずつのY, Zの値をn組 記録し残りはグミデータとする。

る。

(7) 計算機内部で処理できる事項はすべて計算機まかせとして操作者に負担をかけない。

2.3 捨石投入シミュレーションプログラム概要

捨石投入シミュレーションプログラムは、捨石マウンド築造工事の施工管理業務において必要とされる投石計画の検討に一つの判断材料を与えるものである。

プログラムの主要機能は表-5に示すもので、このP

表-5 模擬投石プログラム概要

使用対象	釜石港湾口防波堤築造工事
図面出力方法	プリンタ：画面ハードコピー
投石範囲	最大300m×1200m(5mピッチのデータ)
コマンド入力	メニュー表示の対話方式
投石対象面	捨石マウンド天端面
1回投石量	300m <sup>3</sup> , 1,000m <sup>3</sup> 選択可能
投石位置	投石範囲内の任意の位置
結果表示	等深線図で表示、投石位置図、投石座標値を別表示する。
結果記録	投石後のマウンドデータを施工管理プログラムの測量データと同じフォーマットでファイル出力
その他	シミュレーション結果データファイルを施工管理プログラムで使用することでシミュレーション結果をもとにした各種施工管理図面の作成が可能
OS	MS-DOS Ver3.10
対応機種	CPU NEC PC9801シリーズ, 98XA・XL及び同等品 メモリ 384KB以上必要 プリンタ NEC PC-PR系及び同等品 プロッタ グラフテック FDシリーズ

プログラムで用いるデータファイルは施工管理図面作成プログラムで使用するものと同じである。

プログラムの動作としては、メニュー画面の指示にしたがって作業種類、使用ファイル名、表示範囲の指定を行うと、まずCRT画面上に等深線図（水深の等しい点を線で結んだ図）によってシミュレーション対象となる捨石マウンド形状が表示される。操作者は、その天端面の任意の位置に1,000m<sup>3</sup>または300m<sup>3</sup>単位で任意の回数捨石を投入した場合のシミュレーション結果を1投毎の捨石マウンド形状の変化としてCRT画面上に表示される等深線図によって知ることができる。このシミュレーション結果は、データファイルとして測量データと同じ様式でフロッピディスクに記録できる。そのため、先の施工管理図面作成プログラムを用いることで各種施工管理用図面の作成が可能であり、シミュレーション結果の多角的検討が容易に行える。

プログラムは、このほかに以下の特徴を備えている。

(1) 操作するキーの種類と操作回数とを極力少なくし右手だけで操作できるように、主要操作は4つのカーソル移動キーとリターンキーのみで行える。

(2) 操作説明書がなくとも簡単に誰でもが操作できるように、主要メニュー画面下部に操作方法を表示する。

(3) キー入力ミスによる誤動作を防止するために不適切な入力を受け付けずに警報を発する。

(4) 設定可能な値の範囲が必要に応じて画面に表示され、その値の範囲内でのみカーソル移動キーの操作で数値入力が行える。

(5) 使用可能測量データファイル名一覧をその入力及要求される画面で表示し、ファイル名を手入力せずにカーソル移動キーを使って使用するファイル名を指し示すだけで入力できる。

(6) 主要な操作命令の入力は、画面に表示されたメニューをカーソル移動キーを使って指し示すだけで行える。

(7) 計算機内部で処理できる事項はすべて計算機まかせとして操作者に負担をかけない。

(8) 投石位置、投石回数を入力方法を2種類持っており、作業形態に応じて使いわけができる。

(9) 入力方法を可能な限り統一して、操作の円滑な流れを確保している。

### 3. 処理手法

#### 3.1 捨石投入シミュレーションの形態

捨石投入シミュレーションの形態としては、捨石の投入回数と位置とを与えて堆積形状を予測するものと堆積

形状を与えて捨石の投入回数と位置とを予測するものとが考えられる。ここでは、前者を形状予測シミュレーション、後者を条件予測シミュレーションと呼ぶことにする。

形状予測シミュレーションは、与えられた条件（捨石の投入水深、捨石の投入対象地盤など）下での捨石一投の堆積形状を数式化もしくはパターン化して持っていてそれを重ねあわせていき、何投か後でのマウンドの出来型を予測しようとするものである。この方法によれば、捨石投入計画に沿って捨石投入シミュレーションが行えるので捨石投入計画の事前評価ができる。シミュレーションの精度がそれほど良くない場合でも、何投か後での検測データを用い補正していくことで、ある程度の結果が得られる。したがって、簡易法としての小規模な投石のシミュレーションに適した方法である。

一方、条件予測シミュレーションは、目的とする堆積形状を示し、その条件を満たすにはどの位置にどれだけの捨石を投入すればよいかを予測しようとするものである。この方法では、全体投石量が多ければ多いほど目的の堆積形状に仕上げるための投石位置と投石回数および一投投入量の組合せの数が級数的に増大していく。だが、対象とする条件を限定していくと先の形状予測シミュレーションにその形態が近づいて行く。シミュレーション精度が良くても実際の捨石投入作業ではシミュレーションによって示されるところの投石位置保持、一投投入量管理など、投入条件の確保が不可能であるために結果としてシミュレーション精度の低下を招く。

本研究では、このような理由から計測作業と施工作业との精度を考慮して前者の形状予測シミュレーション手法を基本方針として採用した。

#### 3.2 堆積形状<sup>1)2)3)</sup>

各種条件下での捨石一投ごとの堆積形状が確定できれば、その組み合わせによって投石パターンが無数に組み上げられる。しかしながら、このような捨石一投ごとの堆積形状と言うものは、同じような条件で投入した場合でもまったく同一形状を示すものではなく、一般に再現性がなく無限に存在するものと考えられる。したがって、形状予測シミュレーションを行うにあたっては、実用上十分な精度を保持できる範囲で、まず捨石一投ごとの標準的堆積パターンの抽出が必要となる。これまで行われてきた現地実験ならびに模型実験の結果によれば、捨石の堆積形状は、水深、単位時間投入量、ホッパ開口部形状、捨石形状寸法、一投の投入量、地盤形状に大きく左右され、このほかにも潮流、投入船の位置保持精度にも少なからず影響されることが確認されている。

このような堆積形状を左右する変数を、釜石湾口防波



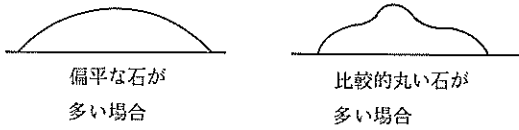


図-2 堆積形状の違い<sup>1)</sup>

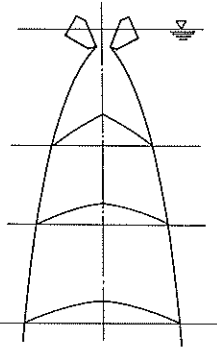


図-3 水深による堆積形状の変化<sup>2)</sup>

堤築造工事における条件にあてはめて考えると基本堆積パターン式が決定できる。以下に基本堆積パターン式を決定するための条件を示す。

(1) 捨石形状は、粘板岩が主体で一部に火性岩、けい岩を含むため比較的扁平なものが多い。重量は数十kg/個～数百kg/個と広範にわたっている。このため、堆積形状は図-2に示すように拡散する傾向にある。

(2) 捨石投入水深は、-40m～-60m程度のため、堆積形状は図-3に示すようにホップ横方向に拡散しほぼ円形となる。

(3) 地盤形状は、捨石マウンド天端面形成に焦点を絞っているため、ほぼ平坦な面と限定する。このため、捨石の着底後のすべりを考えない。

(4) 単位時間投入量、ホップ開口部形状、一投の投入量は、対象を釜石湾口防波堤築造工事と限定しているために特定でき、先の(1)(2)(3)の条件も含めた現地投入実験の結果によって捨石堆積半径及び高さが決定できる。

以上の理由により、形状予測シミュレーションに使用した堆積パターンは、次の数式で示されるものとした。

$$\frac{z}{z_0} = 1 - \left(\frac{2x}{x_0}\right)^2 - \left(\frac{2y}{y_0}\right)^2 \dots\dots\dots (1)$$

$z_0$  : 堆積高さ (m)

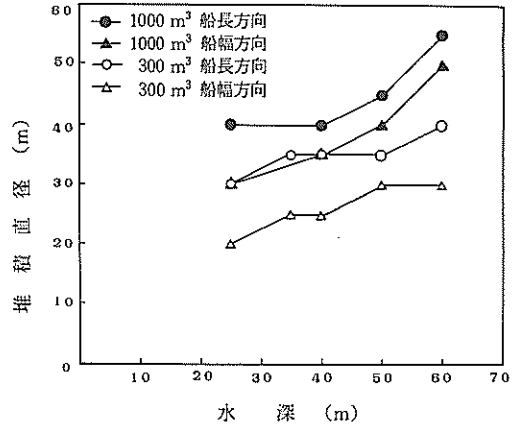


図-4 平坦部への投石結果<sup>3)</sup>

- $x_0$  : 長直径 (m)
- $y_0$  : 短直径 (m)
- $z$  : 求める堆積高さ (m)
- $x$  : 高さを求めたい位置のX座標 (m)
- $y$  : 高さを求めたい位置のY座標 (m)

ここで、堆積高さ、長直径、短直径は図-4の結果と(1)式による計算堆積高さ値が堆積パターンの外周部ではほとんどゼロに等しく長直径と短直径との差を10m程度に設定しても計算結果に影響しないことや捨石投入船の向きを考えなくてもすむことを考慮し、長直径と短直径とを同値として以下のように決定した。

一投投入量 1,000 m<sup>3</sup> では  $z_0 = 1.03$  (m)

$x_0 = y_0 = 50.0$  (m)

一投投入量 300 m<sup>3</sup> では  $z_0 = 0.48$  (m)

$x_0 = y_0 = 40.0$  (m)

### 3.3 プログラミング思想

一般に、プログラム開発を行う場合、開発者の考え方によってプログラムの流れが確定する。したがって、プログラミング言語の種類によっては、第三者がプログラム内容を引き継ぎプログラムを修正しようとする場合には非常に大きな支障となる。

たとえば、BASIC言語でプログラム作成を行った場合、GOTO文の多用があればプログラム制御の流れが開発者自身でも把握できない状態におちいる。また、プログラムの行数が1,000行をこえるような場合には全体構成もつかみにくくなる。個人で使用する程度のプログラムであれば、このような状態でもある程度までプログラムの維持管理は行えるが、多数で一般的な使用を考えた場合には、このような状況は回避しなければならない。

そこで、今回開発したプログラムのように汎用化を目的としたものは、プログラム開発者以外の者がプログラムリストを見るときに比較的簡単に理解できる構造とすべきである。本プログラムは、この考え方を大前提としてC言語を用いている。

C言語によるプログラムは、個々の関数の集合体として考えられ、プログラムに持たせるべき各種機能をそれぞれ関数として開発し、それぞれの関数は他の関数と引数の受渡し以外ではまったく独立しているとの考えから部分的に個々の関数の機能チェックを行っていき、最終的には全体プログラムが完成するという開発体制がとれる。したがって、プログラムを第三者が改造しようとする場合には必要とされる機能を関数として付加するか、いずれかの既存の関数の一部を改造するかによって可能となる。このことは、プログラム全体の流れをそれほど知らなくともプログラムの改造が可能となり、プログラムの継承に大きな助けとなることを示している。

プログラム中で使用される変数名については、C言語にはグローバル変数、ローカル変数といった機能面からの区別のほかに正数型、実数型、文字型という変数の内容による区別がはっきりしており個々の変数のようすが非常につかみやすく、この点もプログラム改造を行う場合の手助けとなる。このC言語の持つ特色を有効に利用すべく、本プログラムでは変数の種類を理解しやすいような変数名を採用している。

さらに、プログラムの機能の追加、削除が構造化されているC言語の特色から比較的容易に行える。このような、C言語の持つ特色を有効に利用するとの考え方に基づきプログラムを構成している。

## 4. プログラムの評価

### 4.1 プログラムの操作性と機能

プログラムの各種操作画面および表示画面を写真-1～写真-18に示す。

#### (1) 操作の開始

施工管理図面作成プログラムおよび捨石投入シミュレーションプログラムは、コンピュータの電源を入れてフロッピディスクをセットするだけで自動的にプログラムが起動されて画面には初期メニューが表示される。じつは、電源の投入から初期メニュー画面に至るまでの間に画面には表示されない作業が行われているのである。この作業は、プログラムで使用するデータファイル名のリストファイルを作成する作業である。具体的には、バッチファイルで指定されたドライブのディレクトリの内容をソートしてMS-DOSのパイプ処理によって結果をフ

ァイルに転送する作業である。この結果、プログラム中で使用可能なデータファイル名一覧表が表示可能となっており、プログラムの操作性を非常に向上させている。

両プログラムの初期メニュー画面に共通して表示される作業項目にシステム管理がある。初期メニュー画面下部に表示されている操作説明にしたがってカーソル移動キーを使い反転表示されている項目名がシステム管理となるようにしてリターンキーを押すと初期メニュー画面にかわってシステム管理画面が表示される。

システム管理画面には、通常一度だけ設定すればシステムの変更や条件の変更のないかぎり操作する必要のない項目として、データファイルリード・ライトドライブ名、測線間隔、X始点座標値、X終点座標値、Y始点座標値、Y終点座標値、原地盤ファイル名、計画断面ファイル名が表示される。これらの設定作業も初期メニュー画面の操作と同様にカーソル移動キーの操作または、数字入力が必要とする部分のみテンキーを使ってできる。設定が終了したならば、リターンキーを押すことでふたたび初期メニュー画面に戻り次の実作業へと進むことができる。このようにプログラムは、階層構造を形成しており作業の流れが操作する者にとってつかみやすくなり、作業性向上に役だっている。

#### (2) 条件設定操作

施工管理図面作成プログラムは、初期メニュー画面で自動施工管理または手動施工管理のどちらかを選択するとつぎに、使用データファイル名一覧画面が表示される。捨石投入シミュレーションプログラムでは、初期メニュー画面で自動模擬投石または手動模擬投石のどちらかを選択すると、使用データファイル名一覧画面が表示される。

ここで、使用するデータファイル名をカーソル移動キーによって指定すると指定したデータファイルからデータを読み込み、続けて表示範囲設定画面が表示される。表示範囲設定画面では、先に読み込んだデータファイルのデータ範囲とシステム管理によって設定されている最大表示範囲とをチェックして設定可能範囲を画面表示する。このとき、表示範囲は最新日付の測線番号範囲とするか、表示可能範囲内の任意の範囲とするか選択可能である。

表示範囲を任意の範囲に設定する場合は、表示範囲設定画面においてさらに、X、Y座標値設定画面が加わってカーソル移動キーの操作で画面に表示されているX、Y座標値が増減して表示範囲の設定ができ、設定可能範囲外には設定できないようにプログラムされている。また、異常値を設定しようすると警報音を発して知らせ

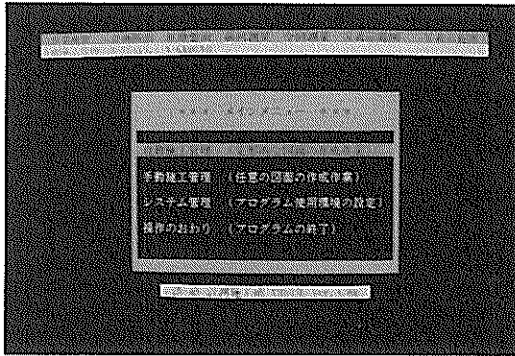


写真-1 施工管理プログラム初期メニュー画面

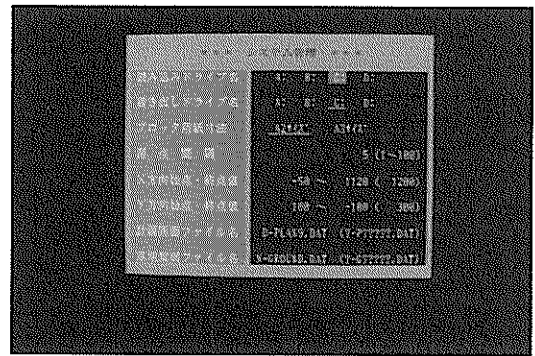


写真-2 施工管理プログラムシステム管理画面

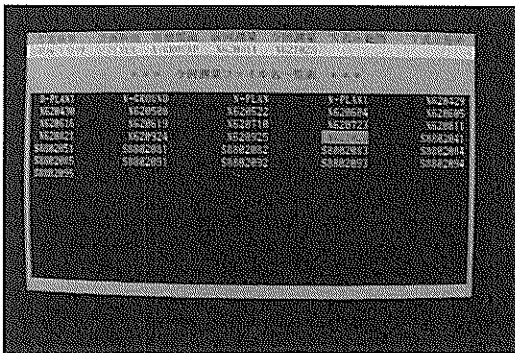


写真-3 施工管理プログラム使用データファイル名一覧画面

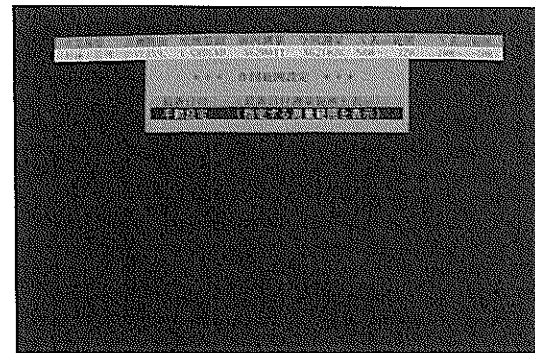


写真-4 施工管理プログラム表示範囲設定画面1

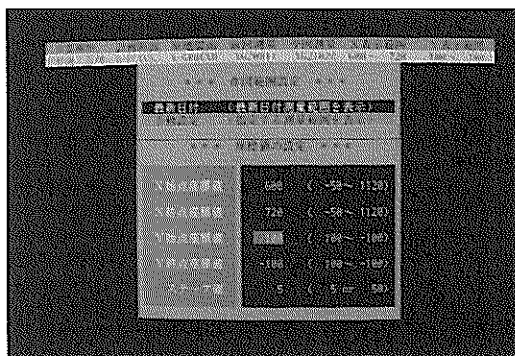


写真-5 施工管理プログラム表示範囲設定画面2

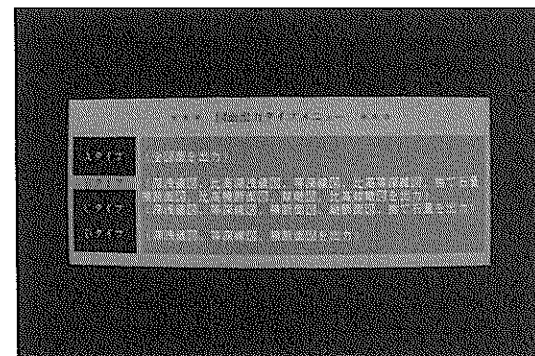


写真-6 施工管理プログラム自動施工管理図面出力タイプメニュー画面



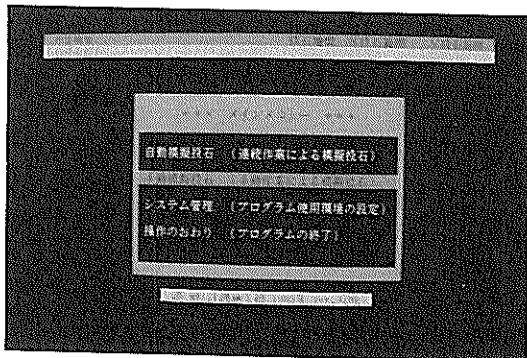


写真-13 シミュレーションプログラム初期メニュー画面

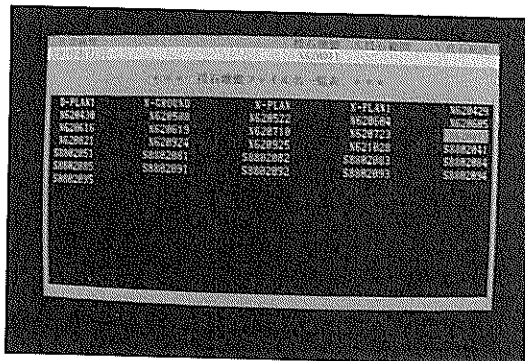


写真-14 シミュレーションプログラム使用データファイル名一覧画面

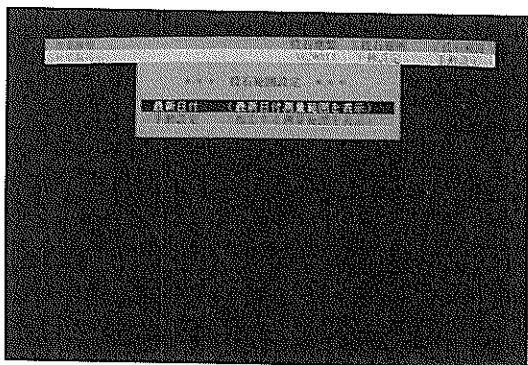


写真-15 シミュレーションプログラム表示範囲設定画面1

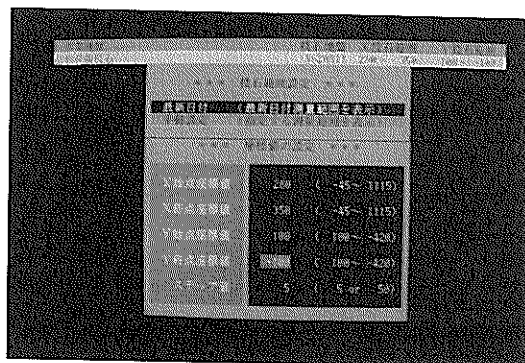


写真-16 シミュレーションプログラム表示範囲設定画面2

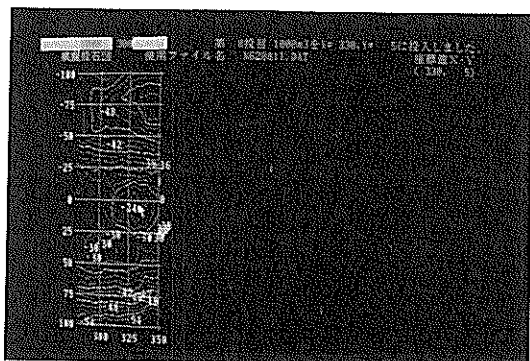


写真-17 シミュレーションプログラム模擬投石図画面

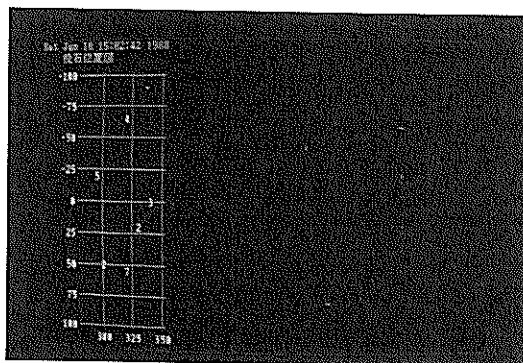


写真-18 シミュレーションプログラム投石位置図画面

る機能も備えている。以上の条件設定作業が完了すれば、プログラムは図面出力動作に移っていく。これまでの段階で、条件設定は作図を行うのに基本的な項目との考えから入力時に不適当な設定がなされないように十分配慮してプログラムしている。特に、キー操作を極力少なくしようと考えるカーソル移動キーのみの操作で設定可能としている。また、設定可能な条件は何かを操作する者が意識しなくとも条件設定できるように設定可能条件を表示すると共に設定条件の一覧を画面最上部に表示して常に今設定しようとしている設定条件が確認できる特色を備えている。

### (3) 図面出力作業

施工管理プログラムの自動施工管理操作ではプリンタに各種施工管理図面が自動的に出力される。このとき、目的に応じて4タイプの出力方法が選択できる。これは、施工管理図面を全部出力しようとすると枚数が非常に多くなりすぎる場合に重要な図面のみに限って出力したい場合のことを考慮したものである。一方手動施工管理操作では、さらに出力図面選択画面が表示されてカーソル移動キーの操作で出力図面種類、また出力方法として画面上、プリンタ、プロッタのいずれかが選択可能である。この方法の利点としては、あらかじめ画面で出力結果を確認しておいて最後にまとめて出力が可能となることがあげられる。

まとめ印刷機能とは、出力図面選択画面で出力図面種類を指定し、出力方法を画面表示とした場合画面に選択した図面が作図されたときに画面右上に表示されるまとめ印刷の項目を選択する作業を必要な画面について行った場合に、出力図面選択画面でのまとめ印刷の項目を指定することで、これまでに指定した図面のみがまとめてプリンタ出力されるものである。

また、縦、横断面図のように表示範囲が広い場合には、何枚も続けて表示されるので途中で中断できるようにストップキーを押すことで割り込み操作が可能としている。この機能は、プログラムを強制終了させる場合にも使用可能である。

一方、捨石投入シミュレーションプログラムでは、条件設定が終了すると自動模擬投石動作ではあらかじめ設定されている投石位置、投石量にしたがって画面上にシミュレーション結果が連続して画面表示される。その後、最終結果のみがデータファイルとして、プリンタにはシミュレーション結果として自動出力される。

手動模擬投石動作では、投入位置、投入量の指定は補助入力装置であるマウスを使って行う。マウスで画面上に表示されているマウスカーソルを投石したい位置に合

わせマウスの左ボタンを押すだけで一投できる。同様の操作を必要なだけ繰り返しせば任意の場所に任意の回数捨石投入シミュレーションが行える。一投のシミュレーション時間は1秒以内である。一投の投入量は、1,000 m<sup>3</sup>または300 m<sup>3</sup>である。この選択にもマウスカーソルを画面左上の一投投入量の表示されている部分に移動させるだけである。同様にして終了を選択すると最終結果がデータファイルとして保存でき、プリンタに結果が出力される。ここで、操作性を向上させるための配慮としては、マウスを使用したことがあげられる。マウスは、画面上にマウスカーソルを表示するがこのカーソルはマウスを手で持って平らな面上を滑らせるだけで簡単に移動できる。したがって、画面上の任意の点をすばやく指し示すことが可能となる。捨石投入シミュレーションのように捨石マウンド上のX、Y座標値を指示する場合非常に効率的である。

### (4) 操作の終了

図面出力が終了したなら初期メニュー画面に表示を戻し、操作のおわりを選択すればプログラムは終了する。終了動作をプログラムの初期メニュー画面に入れたことで条件変更によるプログラムの再起動の必要がなくなり連続作業の効率を向上させている。

### (5) 使用データファイル

プログラムで使用するデータファイルには、測量データファイル、計画断面データファイル、イニシャルセットデータファイル、投石シミュレーションデータファイル、測量データファイル名データファイル、計画断面データファイル名データファイル、原地盤データファイル名データファイルがある。このうち、イニシャルセットデータファイルは、プログラムの汎用化を目的として用いている。また、各種データファイル名データファイルは、プログラムで使用するデータファイル名の設定ミス防止を目的で使用している。このようにデータファイルを用いることでプログラムの汎用性と操作性とを向上させており、初心者でも簡単にプログラムが操作できるようになった。

### (6) 出力図面

#### a) 深淺図、比高深淺図(付図-1、付図-2)

測深データの値そのものを数字で測点ごとに並べて表示するものである。ただし、比高図では、水深差がゼロまたは負の値となるところは何も表示しない。出力はプリンタ、プロッタのみで画面には表示されない。プリンタ表示では、B4用紙を横長に使い横方向にY座標を、縦方向にX座標をとって1枚の用紙で最大Y方向が41点X方向が61点表示可能である。X方向が61点を越える

場合は、2枚以上に分割出力される。これらの図面は、測量値の実際の数値でのチェックに利用できる。

b) 横断面図, 比高横断面図(付図-3, 付図-4)

測線ごとに断面を表示するもので使用データファイルとして指定した計画断面, 原地盤, 前回測量, 今回測量の各断面を1画面に2図表示できる。比高図では, 各測線ごとの比高断面のみを表示する。表示される図の大きさは, 表示範囲に関係なく常に一定である。図の利用方法としては, 投石結果の把握や計画値に対しての余裕などを各測線ごとに調べるのに便利である。

c) 等深線図, 比高等深線図(付図-5, 付図-6)

測深データをもとに計算を行い水深値の等しい点を結んで, 地図の等高線に相当するものを描いた図面である。線を引く間隔は, 最大水深と最小水深との差が15m以内の場合には, 1mごとにそれ以上の場合には2mごとに自動設定される。出力は, 画面, プリンタ, プロッタいずれでも可能である。図面の表示部分の大きさは, 作図範囲の大小に応じて自動設定される。この図面は, マウンドの全体的な凹凸の把握に利用できる。

d) 縦断面図, 比高縦断面図(付図-7, 付図-8)

横断面図が測線方向の断面を表示するのに対してその直角方向(法線方向)の断面を表示するものである。

e) 鯨瞰図, 比高鯨瞰図(付図-9, 10, 付図-11, 12)

水深値をもとにマウンド形状を三次元的に表現した図面である。MIN, MAX法を変形した陰線処理技法を用いて平面上に視覚的に形状を把握しやすいように立体的表現をしたもので捨石マウンドの全体的な形状を一目でとらえられる。視点は表裏の2点を見られるようになっており裏側が隠れてみえなくなることを防止している。描かれる図の大きさは表示範囲の大小に応じて自動設定され, 画面, プリンタ, プロッタのいずれにも出力可能である。

f) 矩形図, 比高矩形図(付図-13, 付図-14)

水深の違いを色の違いに置き換えてマウンドをモザイク状に表現したものである。等深線図と比較的似たもので同様の利用方法が考えられる。画面以外に出力する場合には, コピーしても図が読み取れるようにモザイクに縦横の縞模様を入れるようにプログラムされている。

g) 残高等深線図(付図-15)

比高等深線図を計画値との差として描いたもので, 残りの投石量が把握できる。その他は, 等深線図と同じである。

h) 複合等深線図(付図-16)

等深線図と比高等深線図とを重ねて表示したものであ

る。

i) 捨て石量(付図-17, 18)

平均断面法によって各測線ごとの捨て石投入量を計算したもので, 出来高と残計画量の2通りの結果が出力される。ただし, 水深差が計算上負の値となる測点の存在する場合にはその値を補正して算出する。出力は, プリンタのみである。

j) 投石位置図(付図-19, 20, 21)

捨て石投入シミュレーションプログラムで投入位置と量とを記録として残すものである。図面は, 平面上に座標目盛りを描き対応する座標位置に数字で回数を示しながら数字を描く位置でその投石位置を示す形式のものとして座標値, 投石量を数値出力したものとがある。

(7) システムの複写

プログラムの納められたシステムディスクは万一の事故のことを考えて簡単にコピーができるようにしている。システムディスクのコピーを行うには, プログラムの終了状態でSETUPと入力すれば画面に操作説明が表示され説明にしたがって簡単な操作を行うだけである。

4.2 釜石での使用概要

釜石湾口防波堤築造工事は, 前例をみない大水深下での港湾構造物工事である。この工事に要する時間, 労力, 捨て石等の量は比類のないものとなっており, 従来の工法では経済性, 効率性, 施工精度等の観点から十分な結果が得られない。

第二港湾建設局宮古港工事事務所では, 計画の当初より捨て石マウンドの効率的な施工方法および施工管理方法を模索してきた。

捨て石基礎マウンドの形成には, 港湾技術研究所などの捨て石投入実験の結果や釜石港における捨て石投入現地実験をつうじて独自の投石パターンを考案して実作業に応用している。さらに, マウンドの天端面の均し作業を機械化すべく, 第二港湾建設局横浜機械整備事務所を中心に捨て石均し機の均し実験工事が釜石で行われ昭和64年度には実用機の建造要求を予定している。

一方施工管理作業は, 監督測量船「みずなぎ」による深淺測量が主体となっている。「みずなぎ」には高精度の測量機器が搭載されており, 測量データを磁気テープに記録し陸上の処理装置で処理して利用できるようになっている。従来では, 測量データをもとに手作業で深淺図や横断面図を描き土量計算や等深線図の作成を行うのがやっとで, 比高図や縦断面図, 鯨瞰図などは作成できなかった。港湾技術研究所の研究成果である高精度測量装置<sup>4)</sup>の導入と測量データの陸上処理装置の設置により一気に施工管理の自動化が達成された<sup>5)</sup>。当所で開発し

たプログラムは、このデータ処理作業の一部を担うものである。「みずなぎ」の測量結果を記録した磁気テープは、まず陸上のデータ処理装置によって簡易データ処理されて5mピッチでの水深データファイルが作成される。この5mピッチでの水深データファイルは当所で開発した施工管理図面作成プログラムのデータファイル形成を採用しているため、そのままで施工管理プログラムまたは捨石投入シミュレーションプログラムに使用できる。ここまでの作業は、釜石工場の第三工事係が担当している。つぎに、このデータファイルをもとに両プログラムを使用して実際の施工管理図面を作成するのが第一工事係である。第一工事係では、施工管理図面作成プログラムを使用して、これまで手作業では時間がかかりすぎて作成できなかった比高図をはじめ縦断面図、鯨敷図などを使用データファイルと作図範囲を指定するだけで、短時間に効率良く正確に作成できるようになった。また、捨石投入シミュレーションプログラムを用いて簡単な捨石マウンド天端面の出来型予測図面も簡単に作成できるようになった。このため数多くの施工管理図面を用い多角的に施工状況を検討できるようになり施工管理作業の効率化の一助となっている。

#### 4.3 現地データによる検証

釜石湾口防波堤工事昭和62年度前期測量データを用いて、投石シミュレーションプログラムの評価を行った。その方法は、測量日の異なる二つの測量データを選び、この二つの測量データ間での投石量、投石位置の差異を投石記録より調べて旧日付のデータに対して調べた投石条件で投石シミュレーションを行い、その結果を新日付のデータと比較検討することとした。

検証に用いたデータの絶対数が限られており、統計的な表現は意味を持たないと思われる。このため、比較検討した結果に重点を置き記述する。

表-6の実測値とは新日付測量データから旧日付測量データを差し引いた値のうち捨石を投入していない部分の水深差を最大値、最小値で示したものである。表中水深値としては、正負のものが存在しているが、捨石を投入していない部分であることから本来ならばその値は、ゼロとなるべきところである。この原因としては、測量装置の測深誤差と測位誤差との両者が考えられる。一方、シミュレーション値の方は新日付測量データから旧日付測量データに対して捨石投入シミュレーションを行った結果を差し引いたものである。この値にも正負のものが存在しているが、その理由としては、前述の誤差が含まれていることによるものと考えられる。

現地測量データとシミュレーション結果とを比較した

表-6 実測値とシミュレーション値との比較

ケース番号	投石回数		水深差(m)
1	18	実 測 値	1.2~1.3
		シミュレーション値	1.7~1.5
2	54	実 測 値	2.2~3.3
		シミュレーション値	2.6~4.2
3	29	実 測 値	2.4~2.0
		シミュレーション値	0.7~1.4
4	41	実 測 値	2.5~6.5
		シミュレーション値	0.7~3.3
5	6	実 測 値	2.5~6.6
		シミュレーション値	1.8~1.4
6	11	実 測 値	3.0~1.8
		シミュレーション値	1.2~1.9
7	7	実 測 値	1.8~1.6
		シミュレーション値	1.3~0.8
8	12	実 測 値	2.1~7.3
		シミュレーション値	0.9~1.9

値を表-6に示す。

表によれば、シミュレーション結果と実測値との差は最大で2.6~4.2mである。一方、捨石を投入していない部分における測量水深の差は最大で3.0~7.3mとなっている。表-6の値は結果をそのまま読み取ったものであり、水深の差の最大値に異常に大きな値が記録されているが読み取った値の大部分は、1.5~1.5mの範囲内に集中しており異常値がなんらかの原因によるものとして処理できるとすれば（考え方をかえて最大値ではなく平均値で議論するなど）それほど異常な結果ではないと考えられる。この点をさらに考察すると、現地データをより多く収集し解析することで結論が得られるものであり、現時点で入手できた限られたデータについて議論することはそれほど意味を持たないとする。

投石回数のちがいによる水深差のちがいは明確ではない。表中のほとんどのケースが天端面、法面の双方に投石されたものとなっており、表ではそのうち、天端面のみについてシミュレーション結果をとりまとめている。そのため、法肩付近での水深値はシミュレーション誤差を多く含む傾向にある。これは、シミュレーションが天端面を対象としているために法面での捨石の転動を考慮していない点にある。

シミュレーション結果と実測値との差には、測量水深



の差も当然含まれており、結果としてシミュレーション結果と実測値との差にどのような影響を与えたかは、議論できない。全体的にみてシミュレーション誤差と測量誤差とはほぼ等しい値を示している。したがって、シミュレーションは実用上十分な精度を有していると考えられる。

#### 4.4 今後の課題

底開式バージは、大量の捨石を短時間に投入できるが投石量、投石位置などを細かく制御することが困難である。したがって、底開式バージは捨石マウンド築造工事では主に基礎工事において使用される性格のものである。

今回開発した捨石投入シミュレーションプログラムは、底開式バージによる捨石投入を前提としておりプログラムの持つシミュレーション精度は投石手段の精度とその結果を測定する測量手段との総合精度に比べて充分である。逆に、現在用いられている測深方法、測位方法などの計測手段と底開式バージによる捨石投入などの施工手段との総合的な精度にまだ改善の余地があると考えられる。今後、情報化施工技術の一環として測位情報などをフィードバックしながら開口速度を制御したり投石中に測深を行い常に出来高を管理しながら投石するなどの総合施工システムへの早期移行が望まれる。

また、実際の投石作業は天端面のみならず、法面への捨石投入も含まれておりシミュレーション精度の確保のためにも法面用捨石投入シミュレーションプログラムの実現が望まれる。また、プログラムには情報収集機能が伴っていないが施工管理システムの一部としての地位を得るために、計測技術、施工技術、情報処理技術それぞれのはんちゅうを越えた有機的実体としての思想を導入した観点からの検討も求められる。

## 5. あとがき

今回開発したプログラムは、広範な施工管理業務のうちの一部を担うものである。プログラム実現の背景には、近年のパーソナルコンピュータの急激な普及が大きく貢献していることはいうまでもない。世をあげてOA化が叫ばれている今日、これまでの作業方法になれ親しんできた人々にとって、いわゆるOA化は苦痛であるかもしれない。この現状を認識したうえで、とにかく現場で使われることを目標にプログラムの操作性を重視し、プログラムを開発している。プログラム機能は、まだ至らない点もあると思われるが現場技術者に対してOA化拒否反応をやわらげることも今回のプログラムの使命と考えている。また、表示方法、操作法について助言を現場技術者の方々よりいただければ幸いである。さらに、プロ

グラムのメンテナンスおよび現場作業の実態に合ったプログラムの変更についても、できる限り要望にこたえたいと考えている。

施工機械の自動化もしくはロボット化が進む将来の港湾工事のありさまを考えると、この種のプログラムが体系的に作成されるであろうと思われる。ここでの成果が今後の足掛りとして役立てば幸いである。

最後に、このプログラムの開発にあたり、貴重なデータならびに適切な助言を頂いた第二港湾建設局宮古港工事事務所の関係諸氏にまた、かつて港湾技術研究所でこのプログラムの基礎となる考え方を研究された高橋英俊、石原弘一両氏に深く感謝の意を表す次第である。

(1988年6月30日受付)

## 参考文献

- 1) 高橋英俊ほか：捨石の水中落下速度について、港湾技研資料、No. 249、1976年12月
- 2) 奥出 律ほか：底開式バージによる捨石マウンドの造成に関する実験、港湾技術研究所報告、第21巻第4号、1982年12月
- 3) 第二港湾建設局宮古港工事事務所：昭和58年度釜石港投石施工調査報告書
- 4) 木原純孝ほか：クロスアレイ式音響測深システムによる大水深捨石マウンド検測海洋実験、港湾技研資料、No. 585、1987年6月
- 5) 社団法人日本作業船協会：測量技術高度化調査研究報告書、昭和63年2月

## 付録（出力図面集）

ここに掲載した図面は、施工管理図面作成プログラムおよび捨石投入シミュレーションプログラムを用いて以下に示す条件で作成してものである。

### 付録-1 施工管理図面作成条件

#### (1) 使用データファイル

原地盤データファイル：N-GROUND.DAT

計画断面データファイル：D-PLAN 9.DAT

前回測量データファイル：N 620811.DAT

今回測量データファイル：N 621028.DAT

前回測量データファイル、今回測量データファイルは釜石湾口防波堤築造工事昭和62年度前期測量データを使用、原地盤データファイル、計画断面データファイルはダミーデータである。

#### (2) 作図範囲

X方向(m)：600～720

Y方向 (m) : 100 ~ -100

(3) 出力方法

画面ハードコピーによるプリンタ出力

(4) 画面モード

1,120×750ドット, ハイリゾリューションモード

(5) 動作モード

手動施工管理モード

付録-2 投石シミュレーション図面作成条件

(1) 使用データファイル

模擬投石地盤データファイル: N 620811.DAT

釜石湾口防波堤築造工事昭和62年度前期測量データを使用

(2) 投石範囲

X方向 (m) : 600 ~ 720

Y方向 (m) : 100 ~ -100

(3) 投石位置 (X, Y), 投石回数 (N), 一投投石

量 (V)

X = 620 m Y = -20 m N = 1回 V = 300 m<sup>3</sup>

X = 640 m Y = -20 m N = 5回 V = 300 m<sup>3</sup>

X = 640 m Y = -55 m N = 2回 V = 300 m<sup>3</sup>

X = 660 m Y = -20 m N = 2回 V = 300 m<sup>3</sup>

X = 660 m Y = -30 m N = 2回 V = 300 m<sup>3</sup>

X = 680 m Y = -15 m N = 1回 V = 300 m<sup>3</sup>

X = 680 m Y = -60 m N = 1回 V = 300 m<sup>3</sup>

X = 700 m Y = -60 m N = 5回 V = 300 m<sup>3</sup>

(4) 出力方法

画面ハードコピーによるプリンタ出力

(5) 画面モード

1,120×750ドット, ハイリゾリューションモード

(6) 動作モード

自動模擬投石モード





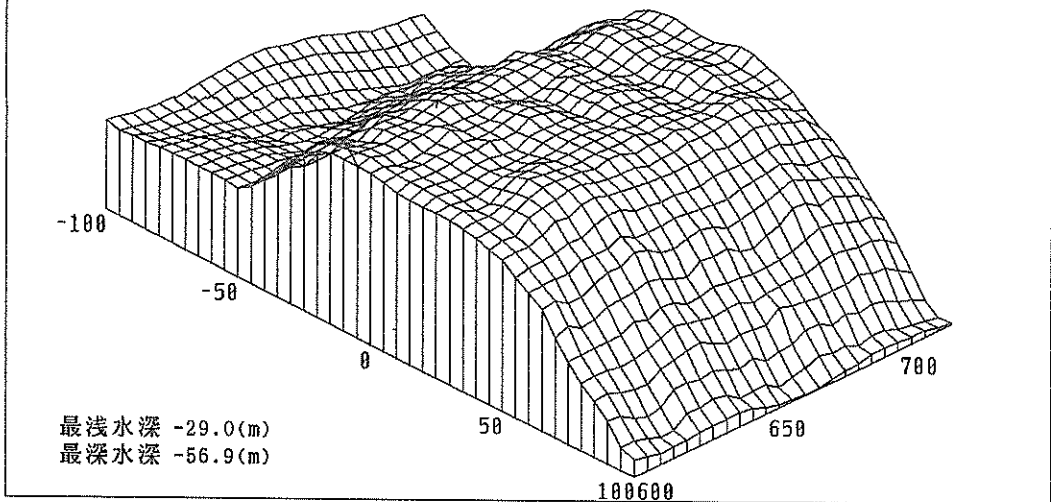




鯨 瞰 図

使用ファイル名 N621028.DAT

62年10月28日 現在

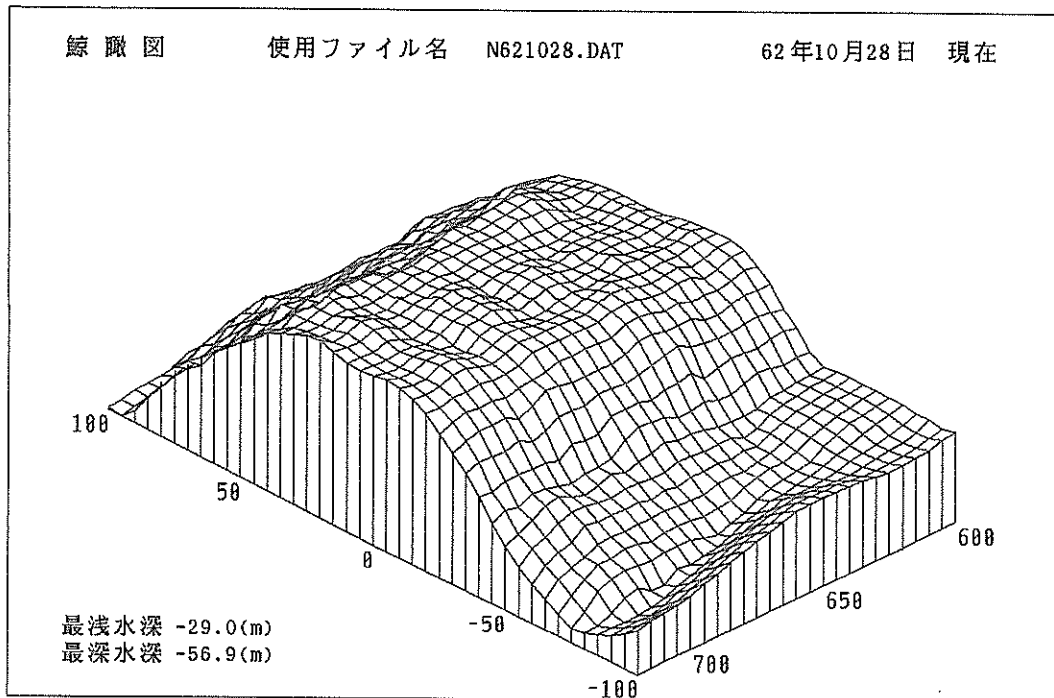


付図-9 鯨 瞰 図 (表側)

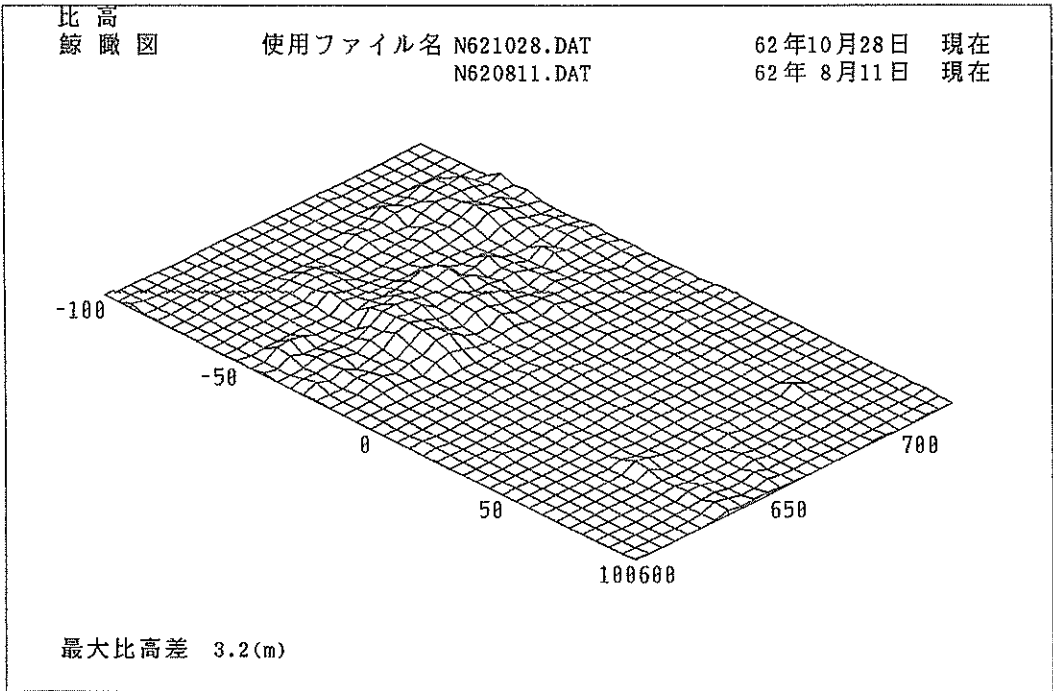
鯨 瞰 図

使用ファイル名 N621028.DAT

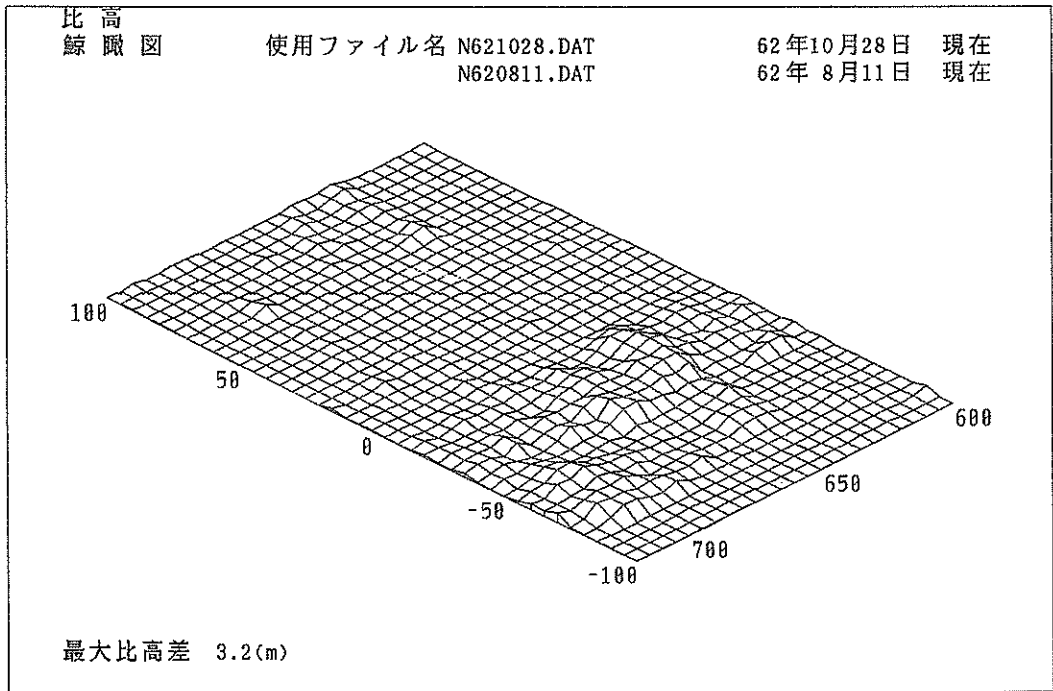
62年10月28日 現在



付図-10 鯨 瞰 図 (裏側)



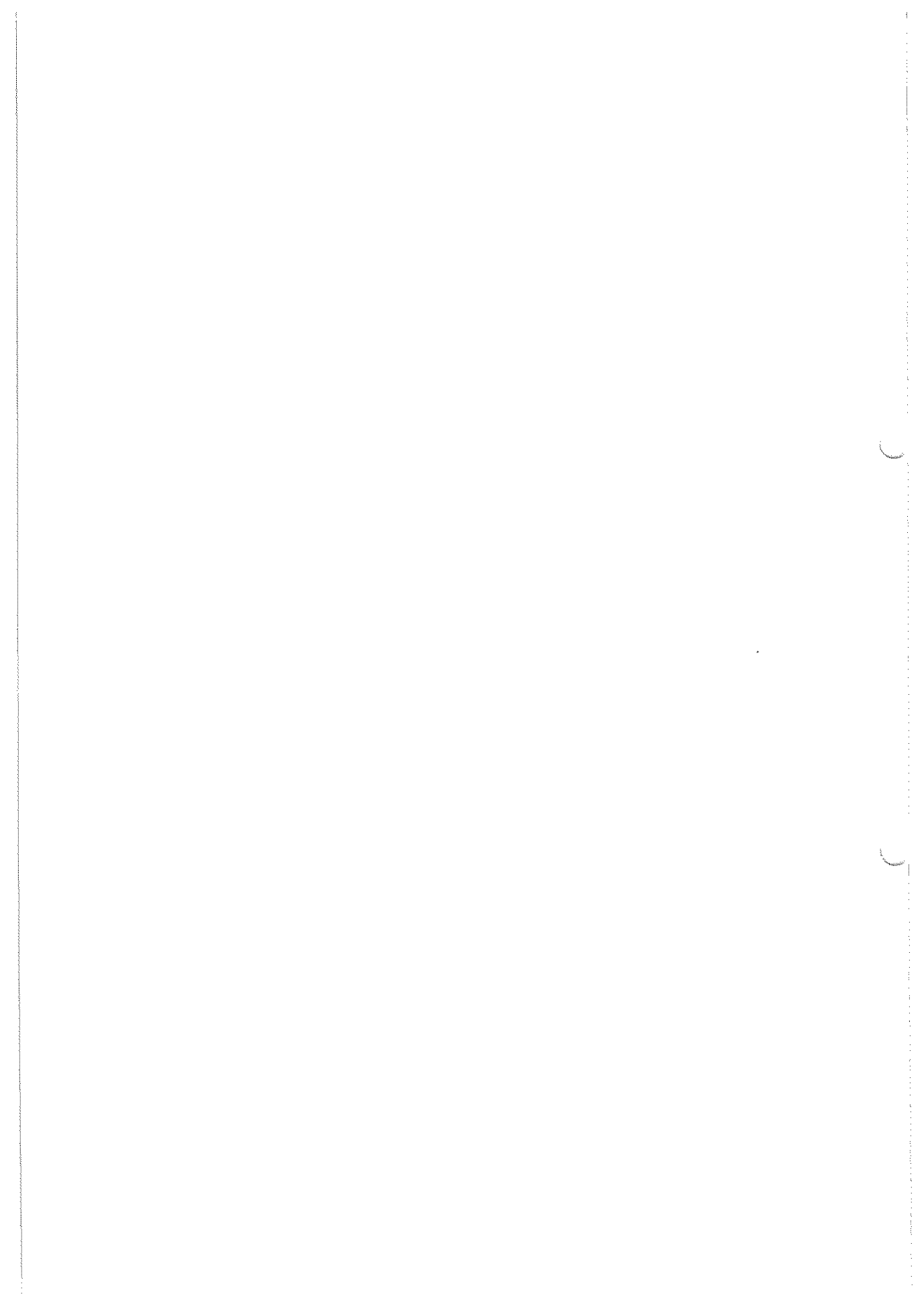
付図- 11 比高鯨瞰図 (表側)

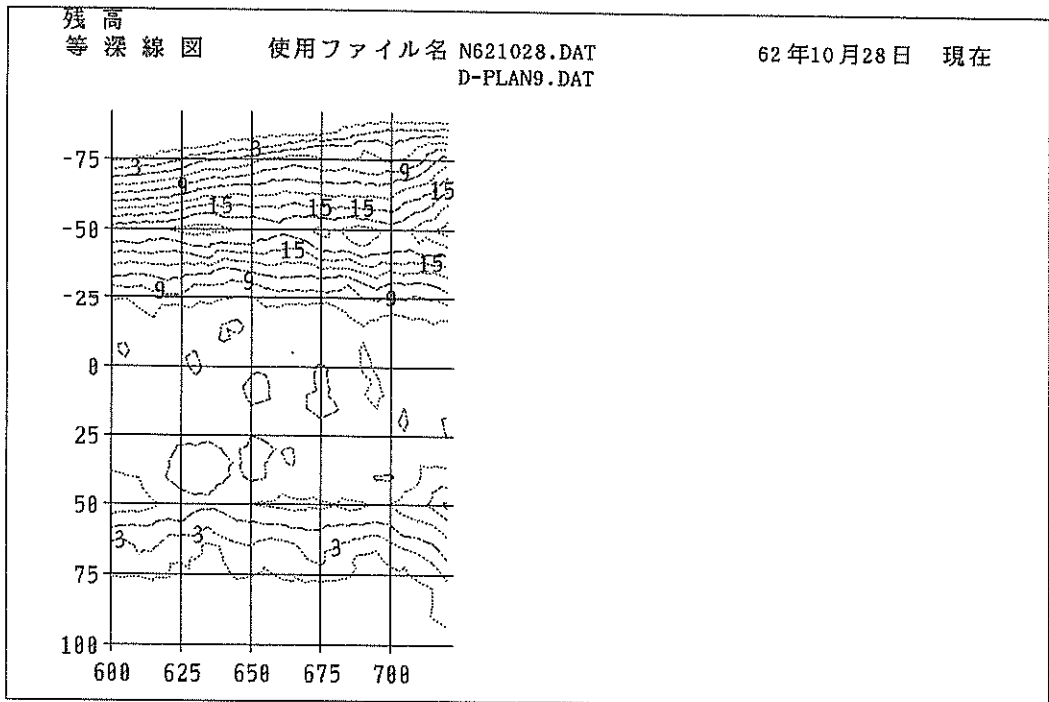


付図- 12 比高鯨瞰図 (裏側)

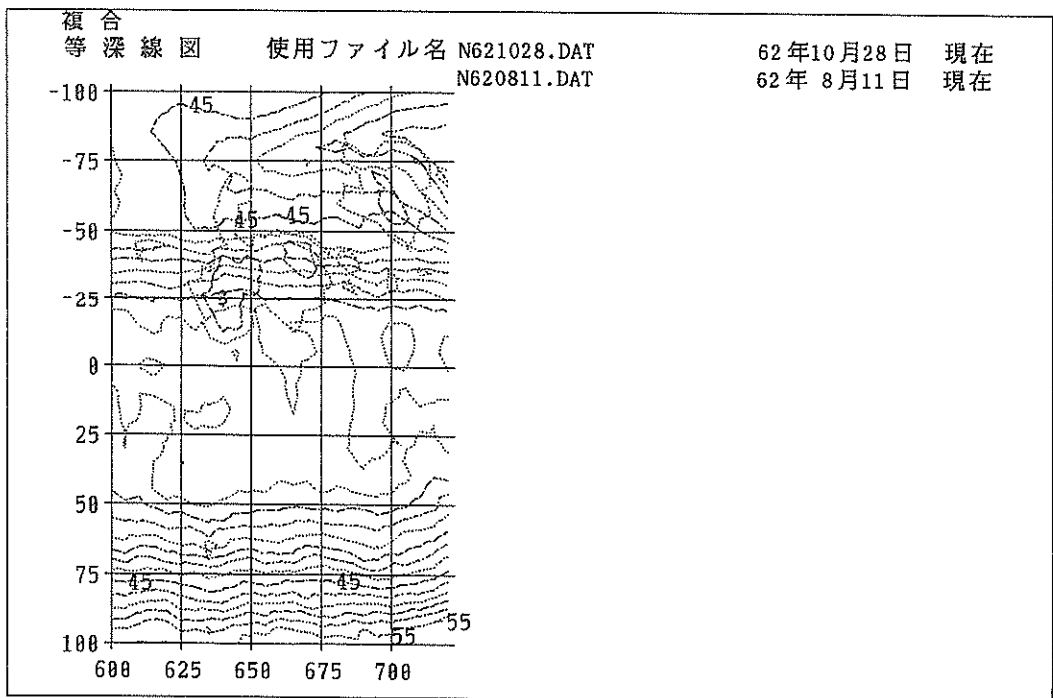








付図-15 残高等深線図



付図-16 複合等深線図

測点番号	断面積 (m <sup>2</sup> )	平均断面積 (m <sup>2</sup> )	使用ファイル名		現在		捨棄
			N621028.DAT	N620811.DAT	62年10月28日	62年 8月11日	
			長さ (m)	割り石量 (m <sup>3</sup> )			
600	6007.4						
605	6002.6	3033.8	5	15168.8			
610	6010.0	3031.3	5	15156.6			
615	6014.5	3035.0	5	15175.2			
620	6004.9	3037.3	5	15186.7			
625	6002.9	3032.5	5	15162.3			
630	6005.0	3031.5	5	15157.4			
635	6009.6	3032.5	5	15162.6			
640	6007.7	3034.8	5	15174.0			
645	6011.2	3033.9	5	15169.5			
650	6012.1	3035.7	5	15178.4			
655	6021.1	3036.1	5	15180.5			
660	6028.6	3040.6	5	15203.2			
665	6034.4	3044.4	5	15222.1			
670	6030.9	3047.4	5	15235.9			
675	6031.2	3045.6	5	15228.1			
680	6031.2	3045.7	5	15228.7			
685	6039.9	3045.8	5	15228.8			
690	6053.9	3050.1	5	15260.7			
695	6051.9	3057.2	5	15286.1			
700	6036.3	3056.2	5	15281.1			
705	6045.5	3048.3	5	15241.6			
710	6068.5	3053.0	5	15264.9			
715	6083.6	3064.6	5	15323.1			
720	6083.6	3072.2	5	15361.0			

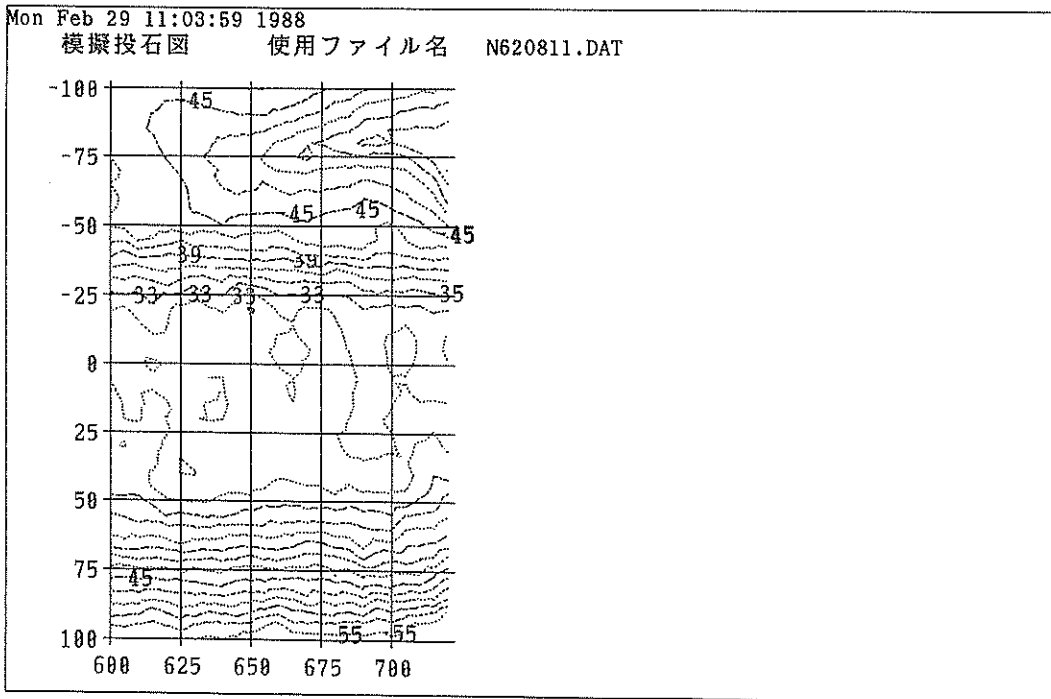
割り石合計 72346704.0 (m<sup>3</sup>)

付図-17 捨て石量 (残数量)

測点番号	断面積 (m <sup>2</sup> )	平均断面積 (m <sup>2</sup> )	使用ファイル名		現在		捨棄
			N621028.DAT	N620811.DAT	62年10月28日	62年 8月11日	
			長さ (m)	割り石量 (m <sup>3</sup> )			
600	5.5						
605	6.6	5.0	5	30.0			
610	9.9	8.2	5	41.2			
615	16.5	13.2	5	66.1			
620	18.2	15.9	5	79.4			
625	10.8	13.0	5	65.1			
630	14.6	12.7	5	63.6			
635	38.4	26.5	5	132.4			
640	58.8	48.4	5	242.2			
645	45.6	52.1	5	260.3			
650	37.1	41.4	5	206.9			
655	25.6	31.9	5	159.3			
660	31.3	29.0	5	144.8			
665	35.0	33.2	5	165.8			
670	33.5	34.2	5	171.2			
675	23.8	28.7	5	143.4			
680	19.4	21.6	5	108.2			
685	27.4	23.4	5	117.1			
690	23.8	25.6	5	128.0			
695	27.7	25.7	5	128.7			
700	42.4	35.1	5	175.3			
705	31.6	37.0	5	185.0			
710	27.8	29.7	5	148.5			
715	18.4	23.1	5	115.6			
720	18.4	16.5	5	82.7			

割り石合計 7891.0 (m<sup>3</sup>)

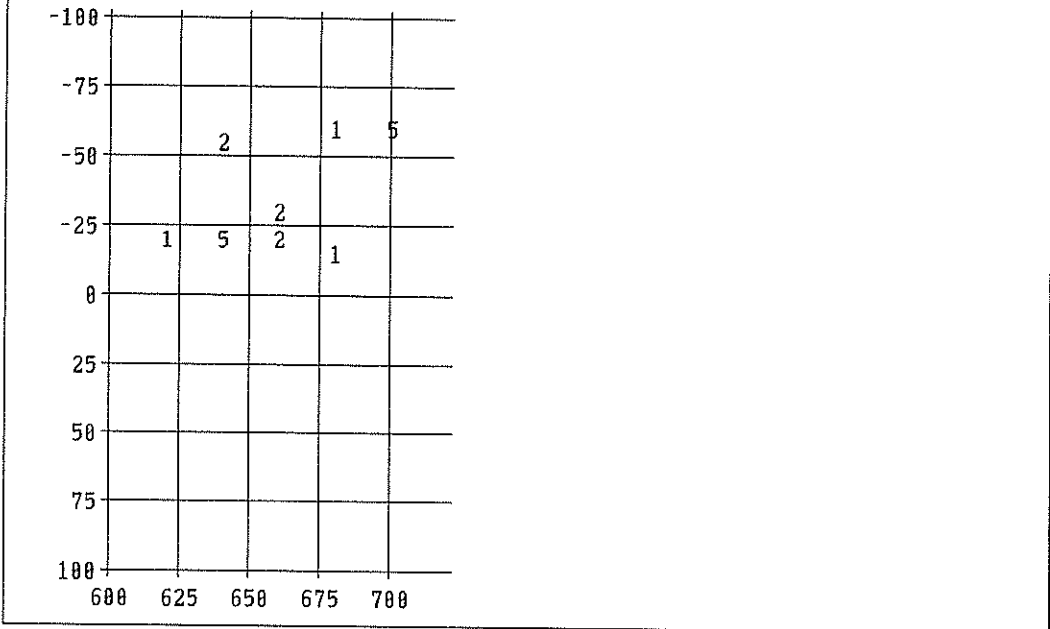
付図-18 捨て石量 (出来高)



付図-19 模擬投石図

Mon Feb 29 11:05:16 1988

投石位置図



付図-20 投石位置図

Mon Feb 29 11:06:33 1988

\*\*\*\*\* 投石位置表 \*\*\*\*\*

投入量 = 300m3	X座標 = 620m	Y座標 = -20m
投入量 = 300m3	X座標 = 640m	Y座標 = -20m
投入量 = 300m3	X座標 = 640m	Y座標 = -20m
投入量 = 300m3	X座標 = 640m	Y座標 = -20m
投入量 = 300m3	X座標 = 640m	Y座標 = -20m
投入量 = 300m3	X座標 = 640m	Y座標 = -20m
投入量 = 300m3	X座標 = 640m	Y座標 = -55m
投入量 = 300m3	X座標 = 640m	Y座標 = -55m
投入量 = 300m3	X座標 = 660m	Y座標 = -20m
投入量 = 300m3	X座標 = 660m	Y座標 = -20m
投入量 = 300m3	X座標 = 660m	Y座標 = -30m
投入量 = 300m3	X座標 = 660m	Y座標 = -30m
投入量 = 300m3	X座標 = 680m	Y座標 = -15m
投入量 = 300m3	X座標 = 680m	Y座標 = -60m
投入量 = 300m3	X座標 = 700m	Y座標 = -60m
投入量 = 300m3	X座標 = 700m	Y座標 = -60m
投入量 = 300m3	X座標 = 700m	Y座標 = -60m
投入量 = 300m3	X座標 = 700m	Y座標 = -60m
投入量 = 300m3	X座標 = 700m	Y座標 = -60m

付図-21 投石位置表

港湾技研資料 No. 630

1988.9

編集兼発行人 運輸省港湾技術研究所

発行所 運輸省港湾技術研究所  
横須賀市長瀬3丁目1番1号

印刷所 阿部写真印刷株式会社

Published by the Port and Harbour Research Institute  
Nagase, Yokosuka, Japan.