

(昭和 61 年 11 月 日本造船学会秋季講演会において講演)

HICADEC-H: 船殻設計システム

正員 井 上 武 彦*	正員 白 神 弘 尚**
正員 竹 内 信**	正員 志々田 邦 彦**
正員 守 屋 洋之助***	勝 馬 正***
竹 谷 二三雄***	

HICADEC-H: Hull design system

by Takehiko Inoue, <i>Member</i>	Hiroataka Shirakami, <i>Member</i>
Shin Takeuchi, <i>Member</i>	Kunihiko Shishida, <i>Member</i>
Younosuke Moriya, <i>Member</i>	Tadashi Katsuuma
Humio Taketani	

Summary

The paper reports on HICADEC-H- a subsystem of HICADEC-developed as the integrated CAD/CAM system for hull design and production information.

HICADEC-H has been developed basing upon experiences for computer systems HIZAC and HICAS-H.

HICADEC-H can perform data processing interactively based on the three dimensional structural data model, which provides following main features.

(1) Automatic modification

All the related data for structure modification can be automatically amended.

(2) Similar structure generation

Similar structures can be generated automatically from the typical structure.

(3) Macro commands application

Users can make easily their own macro commands to save operations.

(4) Flexibility for design and fabrication standards

Users can make flexibly their own symboles, design and fabrication standards including post processor standards for NC cutting.

(5) Automatic naming and generation of parts

(6) Generation of NC data and information for production control

(7) Material procurement and stock material control

1 緒 言

本論文では、“CIMS を指向した造船 CAD/CAM システム: HICADEC”¹⁾ のサブシステムの 一つである船殻設計システムについて報告する。

当社における船殻設計、生産技術システムは、1960 年代後半に実用化された HIZAC²⁾ (主として、鋼板の NC 切断を主眼とする生産技術システム) を出発とし、ひき続き 1975 年頃に HICAS-H^{3,4)} (設計システムと HIZAC との結合を主眼とする総合システム) が実用化

された。したがって、HICADEC-H は、三代目のシステムである。

本システムが、従来のシステムと大きく異なる特徴は、対話型の図形処理と三次元構造データモデルの採用、基本設計から詳細設計、生産設計へのデータフローを確立した一貫システム、および新しい FA システムに対応した生産情報や生産管理基礎情報の出力であり、造船の CIMS を指向するシステムとして新しく開発したものである。

2 システム構想

本システムは、従来の組織や考え方にとらわれず、造船の近代化と効率化に対して、どうあるべきかを構想の

* 日立造船 (株) 船舶本部

** 日立造船 (株) 有明工場

*** 日立造船情報システム (株)

出発点とし、以下のような目的およびシステム設計の考え方をもとに開発した。

2.1 システムの主目的

(1) 設計効率化

重複作業の排除、設計誤作の低減、設計品質の向上によって設計時数の低減と設計期間の短縮を計る。

(2) 使用鋼材の節減

精度が良く、迅速な取材ネスティングをサポートすることによって、鋼板歩留りの向上を計り、かつ、余材の有効活用ができるシステムとする。また、重量計算の自動化によって重量ミニマム設計をサポートする。

(3) 現業生産性向上の支援

FA用NCデータなどの生産情報出力のほか、組立単位別の生産管理基礎情報をタイムリーに出力することによって、現業生産性向上を支援する。

2.2 システム設計の考え方と主な機能

システムの主目的を達成するために、以下のような考え方に立ち開発を進めた。実際には、すべての機能が最初から秩序立って詳細に検討された訳ではなく、試行錯誤を繰り返したものも多いが、システム設計の考え方を保持することによって、システムの目的と一貫性の確保に努めた。

2.2.1 効率の高いシステム

ルーチンワークを見直し、必要な設計作業のほとんどすべてを対象とし、これらを効率化するというもののほかに、次のような考え方に立ち、効率の高いシステムを開発した。

(1) 重複作業の排除

(a) 従来のように基本設計、詳細設計、生産設計間の情報が図面でやりとりされていると、各ステージにおいて再度、図面を作り直すという重複作業が発生し、かつ情報の数値化作業に設計上流部門の寄与が少なく、この作業が生産設計に集中するという問題があった。データベースを介する一貫システムとすることによって、これらの重複作業を一掃する。

(b) 他のサブシステム^{5),6)}に背景図を渡したり、相互にデータを参照して、管や電線用の開孔処理などを効率化する。

(2) 処理の自動化と省人化

システムの柔軟性を損わない範囲で、各作業の効率化を計るため、次のような機能を開発した。

(a) マクロコマンドのユーザー作成機能

頻繁に使用する一連の対話型のコマンド操作をユーザー自身が、メニューシート上のコマンドを選択することによって、簡単にマクロコマンドとして登録できるようにする。また、マクロコマンドの中に入力値をあらかじめ設定しておくことも可能とする。

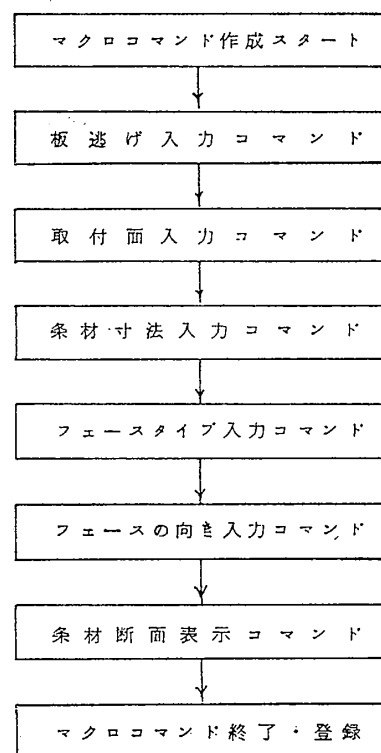


Fig.1 Example of making a macro command

たとえば、Fig.1 に示すように、配置線上にロンジ部材を定義し、断面表示を行うには“板逃し”“取付面”“寸法”など合計6個のコマンドによってデータを入力する必要があるが、これらを一つのマクロコマンドとして登録し実行させると、自動的にコマンドが次々と実行され、ユーザーは必要なデータのみ入力すればよく、操作を大幅に省略できる。

(b) 類似構造定義

船殻構造にはトランス構造のように、互いに外板形状や配置されるフレーム位置だけが異なり、内部構造の設計寸法や配置関係が同じという同型もしくは類似構造が多い。このような場合、Fig.2 に示すように、典型的な構造を対話型で三次元的に定義し、その定義手順をデータとともに保持し、フレーム番号だけ変えて保持された手順を繰り返し、三次元の同型や類似構造が自動生成できるようにする。

(c) 自動修正

たとえば、Fig.3 に示すように二重底のタンクトップ高さを変更した場合、フロア、ロンジ、スロット、ステブナなどの関連部材が定義された手順に従って、自動的に修正されるようにする。もし、自動修正がなければ、たとえば、100枚ぐらいのフロアを一つ一つ修正しなければならず、自動修正の効果は大きい。設計では、変更作業を誤りなく、迅速に行うことが重要であり自動修正は大きな力を発揮する。

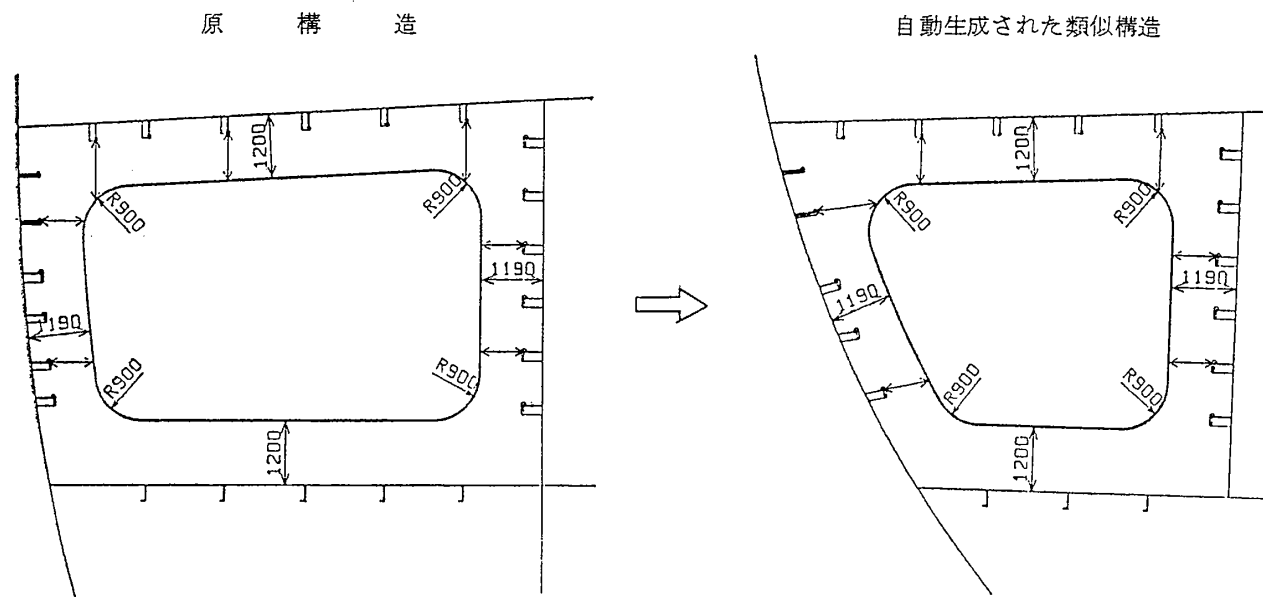


Fig. 2 Automatic generation of similar structures

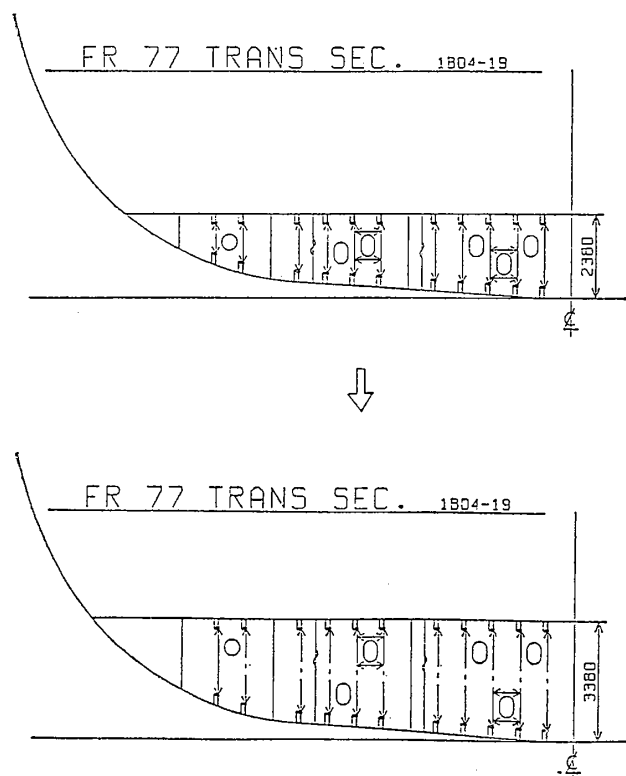


Fig. 3 Example of automatic modification

(d) シンボル、設計／工作標準のユーザー登録

設計から生産情報出力まで、様々な標準が使用されるが、これらの標準を整理し、標準化を推進することによって、設計や生産の効率化や品質向上を計ることが重要である。

本システムでは、継手のシンボルマークなどの各種のシンボル、スロット、カラープレート、条材の端部形状やテーパー継手形状、ブラケット、図面／帳票の編集方式などの設計標準、伸し、開先形状、溶接法などの工作

標準、さらには切断速度、助走路、ブリッジ指定などのNC切断機用のポストプロセッサ標準をユーザーが登録し、かつ、設計法や工作法、切断機種などが変わり、標準の変更を必要とする場合、簡単に変更できるようにする。

(e) 部品の自動生成と自動ネーミング

構造図形が形状と属性データ（板厚、材質、伸しなど）によって確定すると、個々の部材は自動的に展開されて、一品ごとの部品となる。この場合、個々の部品は部品名によってデータベース内で一元的に管理されるが、膨大な数の部品にユーザーが、ユニークな名前を一つずつつけていくのは手間がかかり過ぎる。したがって、構造と組立方式に対応したロジックによって、ブロックごとに自動的に部品名をつけることとする。Fig. 4に部品の自動生成の一例として、構造データモデルからコルゲートバルクヘッドの部材を自動展開し生成した部品のモニター図を示す。

(3) 対話、バッチ型処理の利点を生かす

本システムは、対話型処理が主体であるが、作業の中には一括データ処理のようにバッチ型が適しているものがある。さらに、ユーザーがその都度、対話型かバッチ型かを選択したい場合もある。これらを考慮して対話型、バッチ型のいずれにも対応できるようにする。Table 1に代表的な例を示す。

この使い分けによって、バッチ型による夜間の無人化処理のほかバッチ型処理をさせている間に対話型作業を行うといった並行作業が可能となり、システムの使用効率が向上する。

2.2.2 使い易いシステム

二次元的な作図作業に慣れた設計者が三次元的な考え

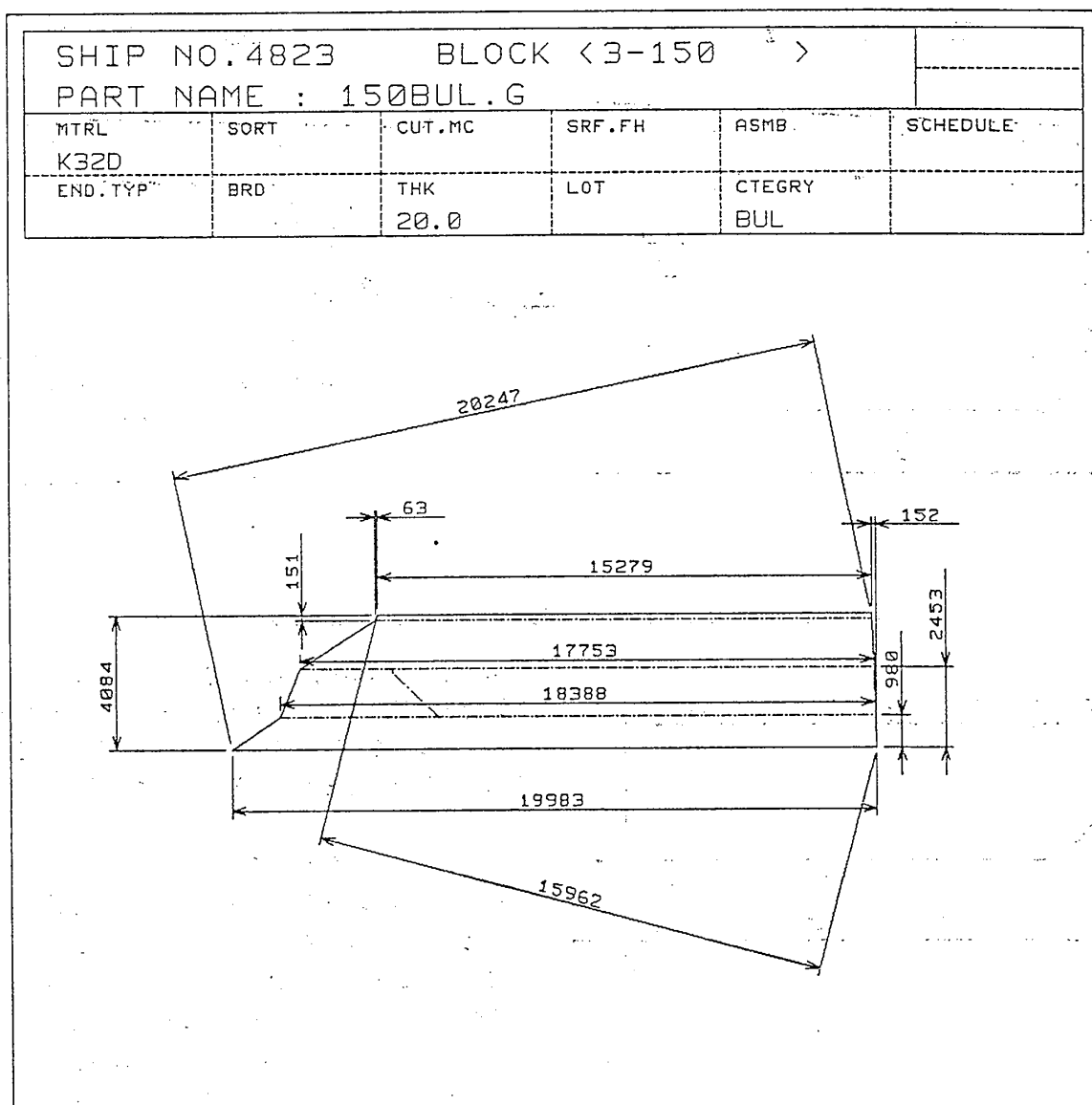


Fig. 4 Example of parts generation

Table 1 Example of interactive or batch process

処 理	バッチ型	対 話 型
外 板 の 配 置 設 定 装	○	○
外 板 以 外 の 配 置 設 定 装	○	○
図 形 ・ 構 造 定 義		○
工 作 情 報 入 力		○
自 動 修 正	○	○
設 計 ・ 工 作 標 準 作 成		○
部 品 自 動 生 成 , 自 動 ナーミング	○	
ネ ス ティング ・ 切 断 計 画		○

方に基づく操作に習熟するには、かなりの教育を要するものであり、かつ、一般的にコンピュータやシステム特有の言葉や操作にもなかなかなじめないものである。これらの障害を極力減らし、使い易いシステムとするため、設計用語主体のコマンドメニュー方式の採用、操作

に関する補助やエラーメッセージを適確に出力させること、およびデータ内容の参照や確認のためにモニター機能を充実させることとする。

2.2.3 フレキシブルなシステム

本システムは、板骨構造を主体とする船舶や海洋構造物に適用するシステムである。これらの構造は、種類によって多種多様に変化するので、いかなる構造にも適用できる柔軟性が必要である。これは、設計手順のアルゴリズムを固定化して自動設計を行おうとすることとは相反するものである。本システムは柔軟性に主眼をおき、自動設計の手法は2.2.1に述べたような限られた範囲にとどめた。柔軟性を確保するため、例えば、次のような方法を採用した。

(1) 構造要素の関係づけによる三次元構造

構造要素をデッキ、トランス、スチフナなどの部材としてとらえ、これらの構造要素の配置、互いの関係づ

け、および属性データを入力しながら三次元構造を記述していく方法を採用する。したがって、配置や関係づけを変えれば、どのような構造にも対応できることとなる。

(2) シンボル、設計／工作標準のユーザー登録

先に説明したように、ユーザーが自分で作成し、登録することとし、系統的に固定化しない。

(3) 図面、生産資料の編集出力

図面や生産資料は、客先や設計法、工作法などの変化によって、出力形態を変えていく必要がある。このため、編集法や出力形態を固定化せず、ユーザーが自由に

取扱えるようにする。

2.2.4 使用鋼材の節減

(1) 対話型の取材ネスティング

手書き図面をもとに手作業で取材すると、部品の形状精度やネスティングのつめが悪く、歩留りが向上しない。本システムでは、精度の高い部品形状を用いて対話型でネスティングし歩留り向上を計る。また、歩留り上、都合の悪い形状であれば、継手配置などを変更し迅速に再ネスティングできるようにする。

この取材用ネスティングデータをそのまま NC 切断用ネスティングデータに流用する。Fig. 5 に NC 切断計画

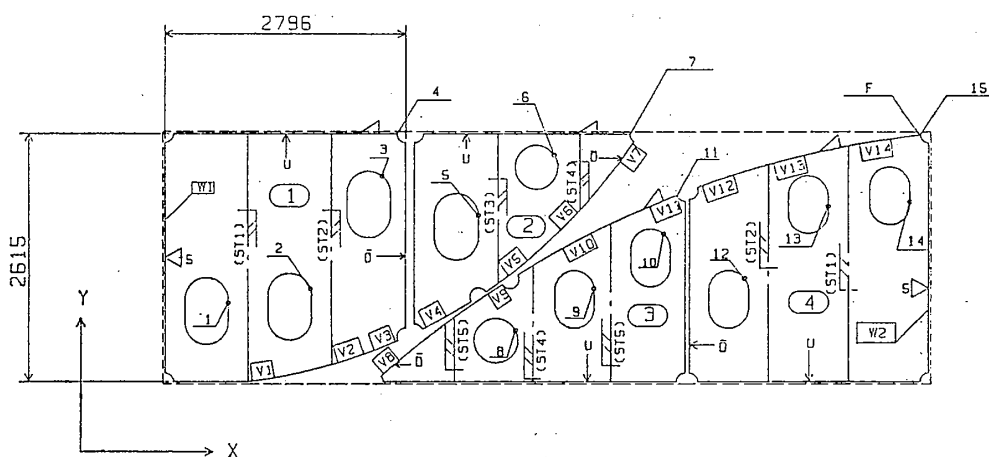


Fig. 5 Example of NC cutting plan

Table 2 Information for production and production control

新 生 産 シ ス テ ム	主 な C A D デ ー タ 出 力 内 容
生 産 管 理 L A N シ ス テ ム	銅板や組立単位などの各種集計に対応した切断長，溶接長，塗装面積，重量重心などの物量データ
N C 切 断 シ ス テ ム (ガ ス , プ ラ ズ マ)	銅板用 切断，マーキン，印字，データ
切 断 ・ 小 組 立 一 貫 シ ス テ ム	銅板（内構材），索材用 切断，マーキン，印字，小組立部材取付／溶接 N C データ
N C 溶 接 シ ス テ ム 溶接ロボット／装置群管理システム 立体小組立溶接システム 溶 接 ロ ボ ッ ト ユニットブロック組立システム	組立単位ごとの溶接用三次元構造データ，溶接線データ，脚長，開先形状など

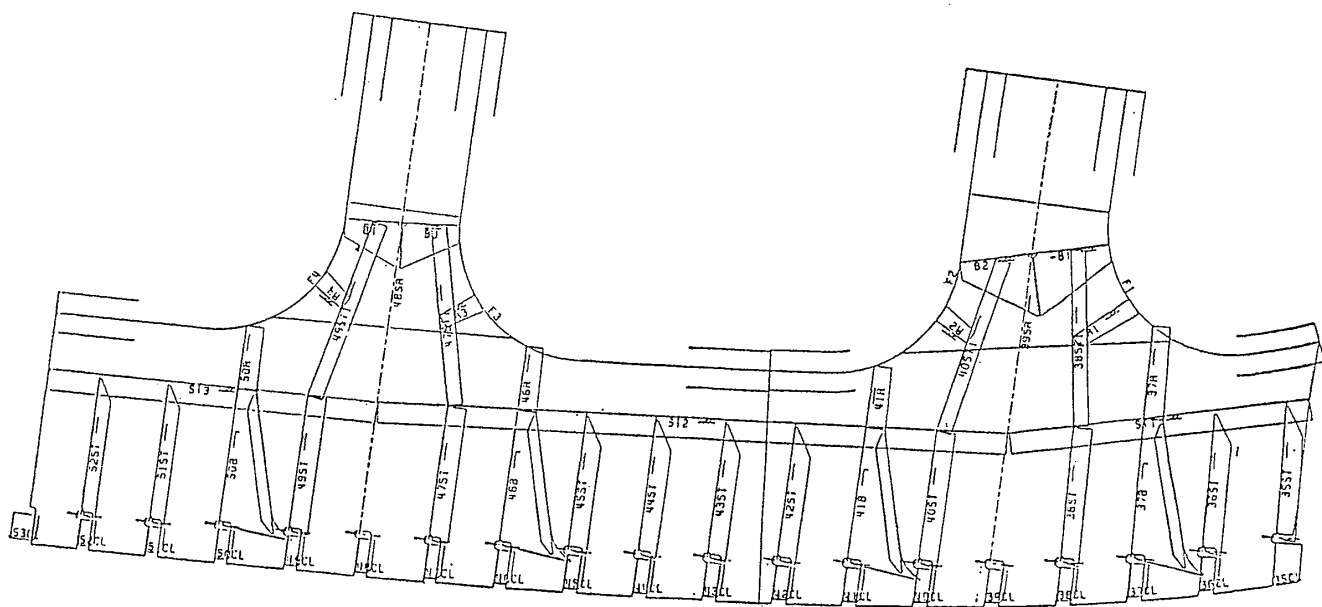


Fig.7 Example of assembly drawings

る。

(6) ネスティングデータモデル

部品データモデルから取り出した部品形状などを用いて取材ネスティングを行う。その後、その配置データを流用して切断機に対応した切断計画を行う。板材にネスティングされた個々の部品が変更された場合、部品単位で入れ替えることができるので、修正作業が少なくて済む。

(7) 切断データモデル

切断計画に基づく NC 切断用中間データを格納する。後処理用ユーティリティによって、各種の印字、切断方式に対応し、開先、削度、印字、マーキングデータを含む NC 切断用データと切断計画図を出力する。

(8) 鋼材データモデル

取材後の鋼材発注データ、および鋼材管理用の使用鋼材や余材データを格納する。鋼材発注リストや使用鋼材表、入出庫オーダーのほか、鋼材管理用データを出力する。

(9) 揚重データモデル

組立データモデルから組立図を取り出し、自動計算された重量、重心位置と吊り点を配置し、ワイヤーどり、吊りピース型を指定し、揚重計画図を出力する。

3 技術的な課題と対応

ここでは、本システムを開発する上で、特にシステムとして解決しなければならなかった主要課題について説明する。

3.1 構造設計のモデリング

(1) 三次元構造データモデル

三次元構造データモデルは、一隻ごとに一つのデータ

モデルから成り、機能設計と工作設計の過程を経て作られる。通常、工作設計は機能設計と切り離され、工作情報は部材単位で入力されることが多いが、本来、工作情報は部材と部材との継手や境界に対して指示すべきものが多いため、機能設計、工作設計とも同一モデルを使用することとした。

さて、船殻構造は、ほとんど板骨構造であり、板材と条材とを主体として構成されており、板材の配置が設計の出発点となる。しかし、板材や条材の形状が最初から決まっている訳ではない。板材を例にとれば、仮想的な広がりをもつモールド面に他部材との取り合い、自由端、開孔、継手などの境界データを与え、かつ、取り合い部材などの板厚、板逃しによって境界データを修正して機能上の板材形状ができあがる。さらに、継手の開先形状、伸し、削度などの工作設計処理を施して、展開前の部材形状が確定する。しかも、これらの定義手順は順不同であり、試行錯誤や変更が繰り返される。また、船殻構造は十万前後の多数の部品から成っているという量的な面も十分に認識しておく必要がある。

すなわち、モデリングは、上記のような設計手法に対応した柔軟性を考慮し、かつ、データ量や応答性にも十分配慮したコンパクトなものとする必要がある。

したがって、モデルは船殻構造を部材の階層構成によって記述する一方、部材形状を構成する各種形状要素とともに、部材の種類、板厚、板逃し、材質、工作条件などの属性データを保持するものとした。また、部材それぞれの境界情報を共有させることによって、部材間の三次元的取り合い構造を表現している。さらに、設計手順としてのコマンド操作過程をデータ構造に対応させている。したがって、たとえば、境界を共有する部材間で境

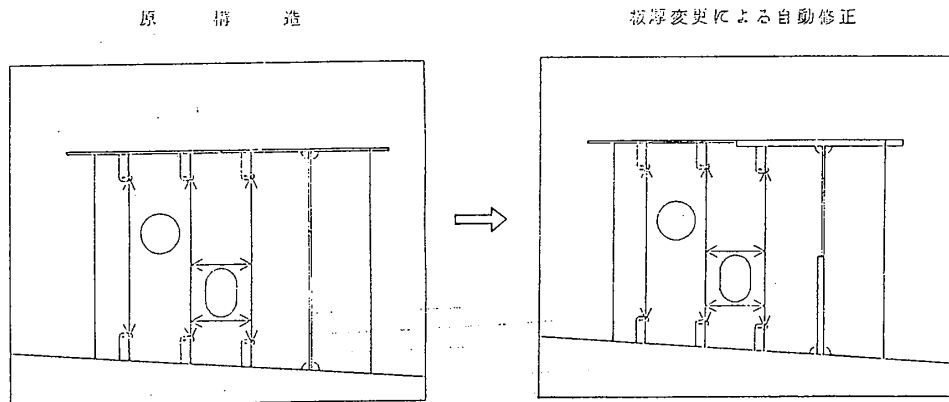


Fig. 8 Automatic modification of plate thickness

界部材の板厚と板逃しによる当該部材の外形補正は、モデラーにより自動的に行われる。Fig. 8 に板厚による形状修正をした例を示す。すなわち、このようなデータモデルとすることによって、ある形状変更によって波及する形状修正や類似構造の自動処理のサポートが可能となった。

(2) 図面方式による入力

船殻構造の複雑さや部材数の多さを考慮して、三次元構造データの入力方法として、アイソメ図などを用いるのではなく、主三軸平面（平面、側面、断面）や展開面を用いる図面方式を採用している。三次元構造の投影として表現された図面に、必要なデータを付加していくことによって三次元構造データモデルを作り上げる。

この結果、三次元データ入力用図面と出図用図面とを分ける必要がなく、入力用図面に基準線や記号、寸法、文字などを記入すれば、そのまま図面として出力できる。このような方法は、アイソメ図を扱う方法や常に二平面を用いて三次元構造を定義する方法と比べ、格段に効率的である。

上記から明らかなように、図面データは設計手順を反映したものであり、内容的には三次元構造データモデルの定義に直結するもの、逆に構造データから変換して表示したもの、および当該図面上でのみ示される図面用補足データから成り、三次元構造データモデルと共通のデータ構造のもとに統合している。

3.2 操作サポート

入出力の簡易化、省人化を計るための主要課題について説明する。

(1) 一括指示およびマクロコマンド

船殻部材には、条材などのように取付け位置を除いて属性データが同じ部材が多い。これらを一括指示というグルーピングによって、少ない操作で定義することやユーザーによるマクロコマンドの作成を可能とした。

(2) 左右舷非対称構造

通常の船殻構造は、船体中心面に対し左右舷がほぼ対称であるが、機関室などのように非対称な構造や両舷にまたがる部材も多い。非対称構造についての作業を簡略化するために、非対称構造について対称構造を流用して非対称な部分のみ作成することや、穴や小物部材などの二次的部材のみが非対称な場合、それぞれ取り付く舷を指示することによって、片舷構造だけを用いて両舷の部材を自動生成できることとした。

さらに、ネスティングや生産情報出力において、部材をブロック単位に編集することが重要であるが、たとえば左舷ブロックであっても継手配置によっては、右舷部材の一部を含む場合などがしばしばある。したがって、ブロックの舷と部材の舷との組み合わせによって、部材を対応するブロックに登録できることとした。さらに、板材をブロックに登録すれば、それにつく二次部材は自動的に登録されるなど入力の簡易化を計った。

(3) 関連修正および類似構造定義の自動化

先に説明した三次元構造データモデルによって、構造設計過程の任意の段階（コマンドステップ）において発生する部分修正に対する関連データの修正、および、類似構造の定義を自動化した。

(4) 部品の自動ネーミング

三次元構造データモデルおよび部品データモデルでは形状や属性データは、ユニークな名称によって管理される。しかし、機能設計段階では一船に互るユニークな部材名称をユーザーが管理しながら付けていくのが、運用上困難である。したがって、構造が定義された段階で名称を自動的に付け、部材をブロックに登録した後でブロック内でユニークとなる部品名称に変換することとした。この部品名も工作設計と生産方式に基づくネーミングルールによって自動的につけることとした。

(5) 組立ネットワーク

現業の生産方式に対応して、生産情報や生産管理基礎情報を小組立、中組立、大組立などの組立単位で出力す

ることが重要である。このため、部品を組立単位に仕分ける組立ネットワークを対話型で作成できるようにした。この組立ネットワークができれば、以降の仕分けは不要となり、ネットワーク中の組立単位で情報をまとめて取り扱える。また、ネットワークそのものも生産管理の重要な資料となる。組立ネットワークの出力例をFig. 9 に示す。

(6) 設計/工作標準

標準は、設計法や工作法の変化に応じて自由に変えられることと、条材の端部形状を考えれば分るように三次元的な取り付け形状に応じて形状を変化させるということが重要である。これを実現するため、ユーザーがパラメータを組み込んだプログラミングと対話型の図形定義を連動させて標準を定義できるようにした。すなわち、図形定義で標準のパターン形状を作成し、プログラミングによって、三次元の実構造に対応するようにパターン形

状をパラメトリックに変化させている。標準作成の例をFig. 10 に示す。

(7) 図面編集

三次元構造データの入力に用いる図面を要素図と称し、この三次元構造データは要素図単位で管理されている。要素図およびその部分図を一つの図面枠に対話型で配置したものをページ図と称し、出図用図面として出力できるようにした。また、いくつかのページ図の集りをブックレットとして管理できるようにした。さらに、要素図が更新されれば、部分図やページ図の対応した個所が自動的に更新されるようにした。

(8) スケッチ

本システムは、一貫システムとして三次元構造データモデルを作り上げていくのが基本であるが、設計図として構造とは直接関係しないイメージ図形や検討用の平面図形を画くことも多い。これに備えて、船殻構造図形の

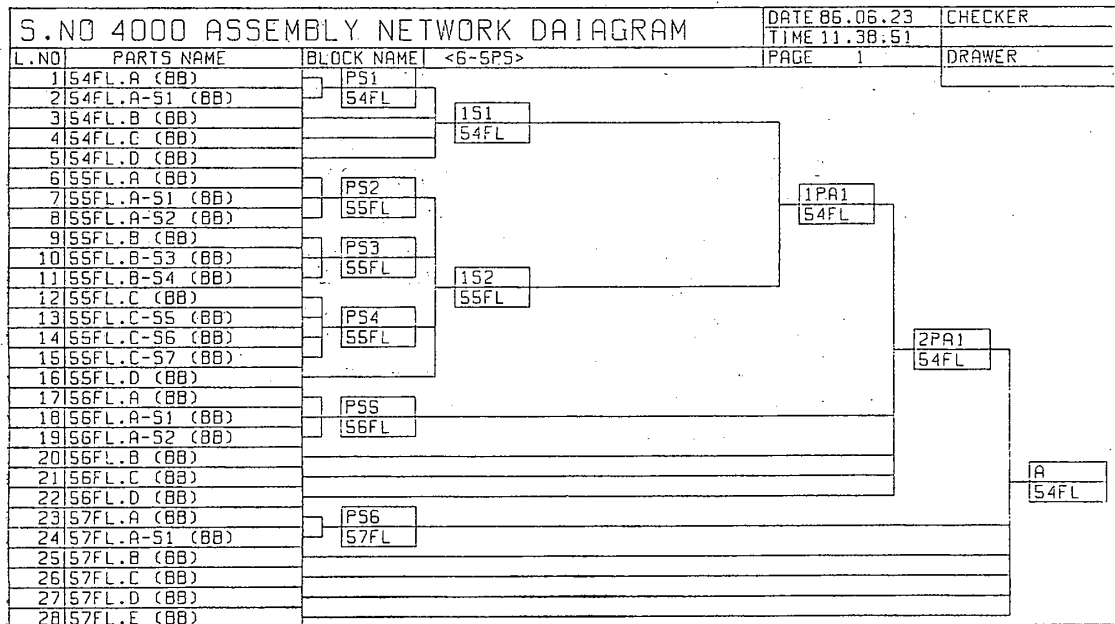


Fig. 9 Example of network diagram

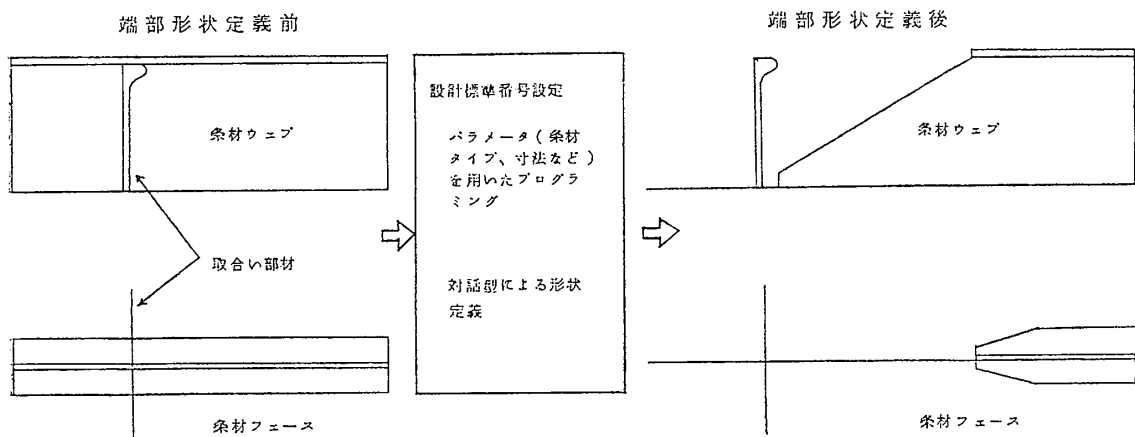


Fig. 10 Example of design standard definition (End type of stiffeners)

特徴を考慮した製図機能を設け、これに文字や寸法線定義などの機能を組み合わせれば、製図システムとして使うことができるようにした。

(9) マルチアクセス

構造設計では、作業フェーズ、区画、またはブロックなどを単位に複数のユーザーが分担して並行作業を行うことが必要となる。一船として、一つの構造設計データモデルに対するこのようなマルチアクセスを可能とするため、アクセスを交通整理する常駐プロセスを用意するとともに、データ項目の定義や再定義に関して要素図間で矛盾が生じないように工夫した。また、互いに参照関係のある複数の要素図を用いて並行作業を進める場合、同一項目の定義や再定義をどちらでするか調整して作業を進めることとしている。

4 結 言

本システムは、59 年度から BC, タンカー, ジャッキアップリグなどに段階的に適用を開始し、61 年度からは、生産情報処理を含む一貫システムとして PCC, 鋳石船に適用を始め、NC 切断を行っている。

一貫システムは、設計上流部門での作成情報のデータベース化によって、下流部門での重複作業を徹底的に減らし、かつ自動処理化を行うため、効率化の効果は今まで多くの時数がかかっていた生産情報処理の部分に著しく現われ、設計期間も短縮される。また、鋼材歩留り向上もコストダウンとしては大きなものと期待できる。さらに、FA 用生産情報出力や生産管理基礎情報出力は、設計効率化をはるかに上廻る生産性向上に寄与するもの

と考えられる。

今後の課題として、他のサブシステムとの情報のやりとりをさらに充実させるデータベースの統合化、CAD/CAM 情報を他部門で有効に活用すること、および FEM やルール計算プログラムとのインターフェースの開発を行っていく予定である。

最後に本システムの開発にあたり、深い理解と支援を戴いた関係者各位に深甚の識意を表するものである。

参 考 文 献

- 1) 加納, 井上, 白神, 守屋: CIMS 化を指向した造船 CAD/CAM システム: HICADEC, 日本造船学会論文集, 第 160 号 (1986)
- 2) 山元, 滝沢: 船殻生産設計における数値制御システム, 日本造船学会論文集, 第 122 号 (1967)
- 3) 中村, 宗, 酒井, 山元: HICASS データベースに基づく総合情報処理システム, 日本造船学会論文集, 第 137 号 (1975)
- 4) 酒井, 蔵田, 山元, 泉, 矢出: HICASS-H: 船コク総合情報処理システム, 日本造船学会論文集, 第 138 号 (1975)
- 5) 井上, 白神, 増田, 三井田, 片山, 守屋, 山崎, 松尾: HICADEC-A, P: 配置設計, 配管設計システム, 日本造船学会論文集, 第 160 号 (1986)
- 6) 井上, 白神, 宮下, 小坪, 新田, 守屋, 安武: HICADEC-E: 電気設計システム, 日本造船学会論文集, 第 160 号 (1986)
- 7) 本論文全体を通じての参考文献は日本造船学会, システム技術委員会第 I 部会編: 造船におけるシステム技術, (1984)