

(昭和 38 年 11 月造船協会秋季講演会において講演)

# 船殻工事における精度管理の一考察

正員 横 田 健\* 正員 南 崎 邦 夫\*  
 正員 堀 尚 志\* 下 村 泰 三\*  
 宮 崎 正 博\*

## A Study of Accuracy Control in Hull Construction Works

By Takeshi Yokota *Member*, Kunio Minamizaki, *Member*  
 Syoshi Hori, *Member*, Taizo Shimomura, Masahiro Miyazaki

### Summary

The hull construction work is composed of many unit processes including template production, marking, flame cutting, fitting, welding and so on. Inaccuracy of the geometry of member is produced during the each unit work; errors increase at a later stage of the hull construction because of the accumulation of errors.

A statistical analysis was made on errors produced during unit processes at various stages of the hull construction. Measurements were made of errors which occurred during the hull construction of an oil tanker and a bulk carrier.

It has been proved that the errors follow the Gauss distribution. Values of mean deviation,  $\bar{x}$ , and standard deviation,  $\sigma$ , for the each processes were determined. It has been confirmed that the standard deviation of errors observed at a stage of hull construction can be expressed as the summation of the deviation of errors produced during the preceding stage.

Using the result of statistical analysis, the following actions have been made;

- 1) The tolerance of inaccuracy at each of the unit processes has been established.
- 2) Quality control of each unit process has been established.
- 3) A standard procedure has been established to minimize the correction which may be required at joints between members to be welded at the erection stage.
- 4) An attempt has been studied to improve the structural design to minimize joint accuracy at the erection stage.

## 1 緒 言

船殻工事はアナログ的な線図とデジタル的な寸法の指示を基として、現図—野書—ガス切断—組立—溶接という一連の過程を経て鋼構造を建造する作業であるが、その過程にはさまざまな誤差の発生する機会を持っており、最終的に船体として必要な機能を発揮するに要する tolerance の中に入らねばならぬと共に、建造の過程において可能な限り無駄な仕事をせぬように、各部材の幾何学的精度を管理することが必要である。鋼材の溶接性の安定と溶接技術の著しい進歩に伴い、溶接開先が tolerance 内にあれば、得られる溶接接手の信頼度は極めて高いものであり、船殻の品質を確保するために部材の幾何学的精度の管理は極めて重要な意義を持つものである。

船殻工事の有効仕事の大部分は極言すれば、ガス切断と溶接であり、それ以外の仕事の大部分はその準備作業である。この有効仕事は船殻工数に占めるパーセントは高々 30% 程度であり、この比率を低下せしめている最

原稿受付、昭和 38 年 6 月 19 日

\* 石川島播磨重工 相生第一工場 船殻工作部

大の犯人は、各過程の幾何学的精度管理の不備に起因する無駄仕事、手直し仕事であろう。われわれの精度管理の現状はいわゆる損益分岐点の手前にあると考えられ、精度の向上は品質の向上と生産性の増大に寄与すると考えて差し支えないと思う。

船殻工事は本来多品種少量生産の性格を有し、且つ次に述べるような特殊性を持つため計画的な精度管理が困難であり、とかく散発的な不良防止対策に止り勝ちである。

- 1) 部材の数が極めて多い。
- 2) 部材が大きく且つ重いものが多く、容易な計測手段に欠ける場合が多い。
- 3) 部材が大きい割合に要求される精度が高い。即ち相対誤差は極めて小さいことを要求される。
- 4) 加工手段に人的要素が多い。
- 5) ガス切断、加熱、溶接、等の把握の困難な因子が多い。
- 6) 初めの指示がアナログ的なものであるため、中間過程での寸法把握が困難な場合が多い。

しかしながら、船殻工事といえども個々の単位作業に注目すれば、類似性のある行為のくりかえしであり、その作業固有の標準偏差と平均値を持つ正規型の誤差分布を持つと考えられ、これらの単位作業が次々と重複して行くにつれて、分散の加法性が成立して誤差が累積していくものと考えられる。

われわれは先ず個々の単位作業の誤差の分布状態を調べ、これが管理状態にあるかどうかをチェックし、その標準偏差と平均値をつかみ、次に一連の船殻工事の過程を分析して、これを構成する単位作業の誤差が累積されていく過程を分散の加法性を用いて試算し、実船の計測と比較した結果、船殻工事のような場合にも略々適用できることが確められた。

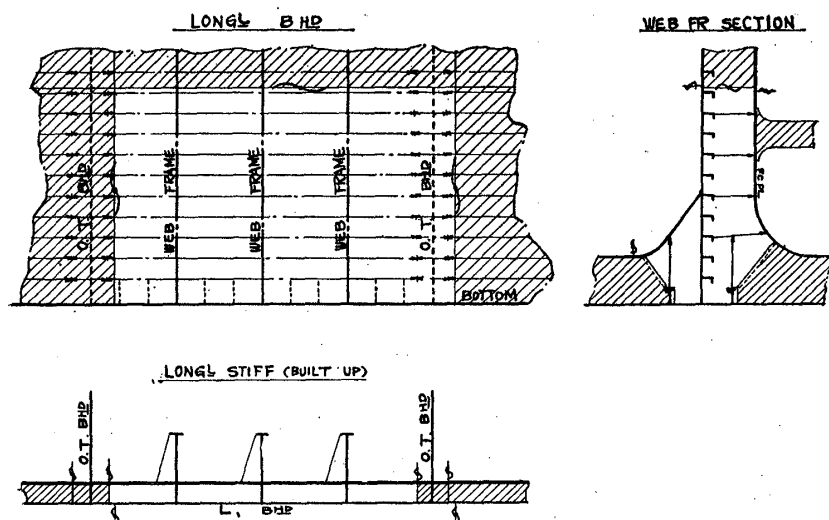
この考察の過程において

- 1) 各単位作業の分担誤差が量的に明確になり、管理点を設定してチェックできる。
- 2) 単位作業の標準偏差をへらすための作業改善を考える。
- 3) 単位作業の平均値、偏差の実態をつかみ、平均値を意識的にずらすことにより、累積誤差による損失を少くする。
- 4) 累積誤差を最小にするような組立方針を立てる。
- 5) 精度計画の立場から、設計にフィードバックして設計を変更し、部材製作の過程を単純化する。

等の一連の精度管理を展開する基礎をつかむことができた。精度管理の必要から作業の改善が促進され、その結果数字となって管理図上に現れて来る偏差、平均値をベースとして設計にフィードバックし、次の精度計画を立てるというサイクルが形成されて来た。

われわれは1)繰り返し部材が多い。2)アナログ的要素が少ない。3)量的に経済効果が大きい。という見地から船の中央部に対してこの活動を集中し、漸く軌道に乗ったので、その概要を報告するものである。

船首尾構造については、要因が複雑であり必ずしも中央部における手法のみでは十分でなく、今までに得られ



第 2-1 図 船体中央部平面ブロックの一例 (LongL BHD)

た数字と経験をベースとして目下進行中であり、改めて報告するつもりである。

## 2 船殻工事の流れと各单位誤差の分布

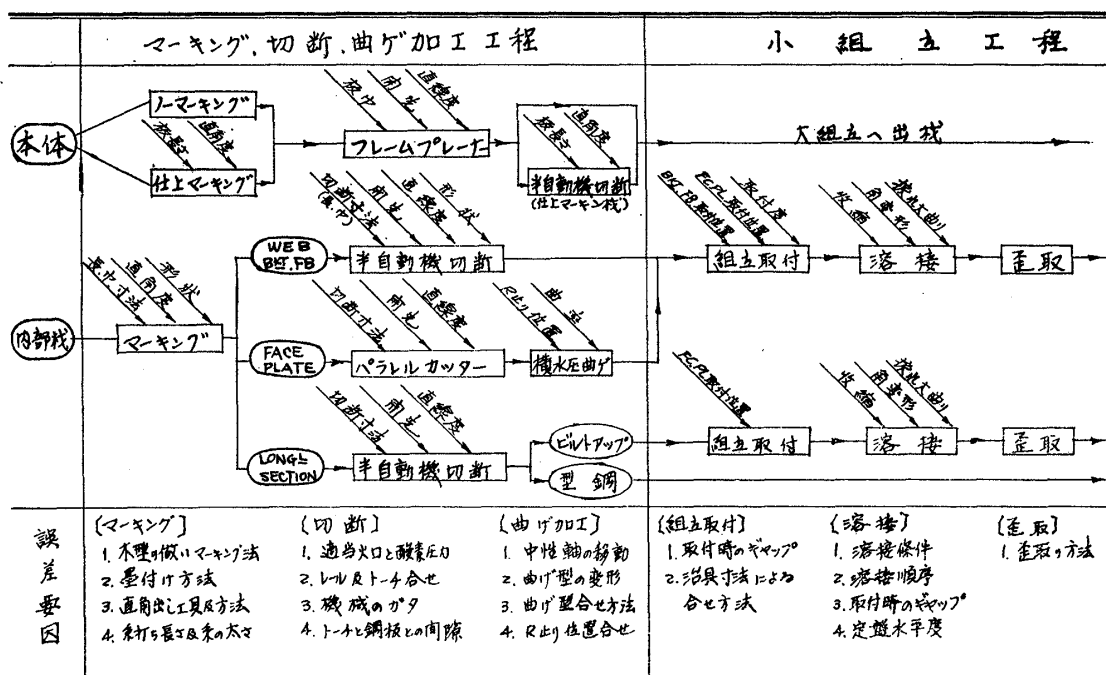
船体中央部平面ブロックの典型的なものについて、船殻工事の流れと、各工程において発生する幾何学的誤差およびその変動要因を表わした加工系統図を作り、各工程で発生する誤差について、現段階のわれわれの加工水準を知るために計測を行なった。その結果について述べる。

### 2-1 船殻工事の流れ

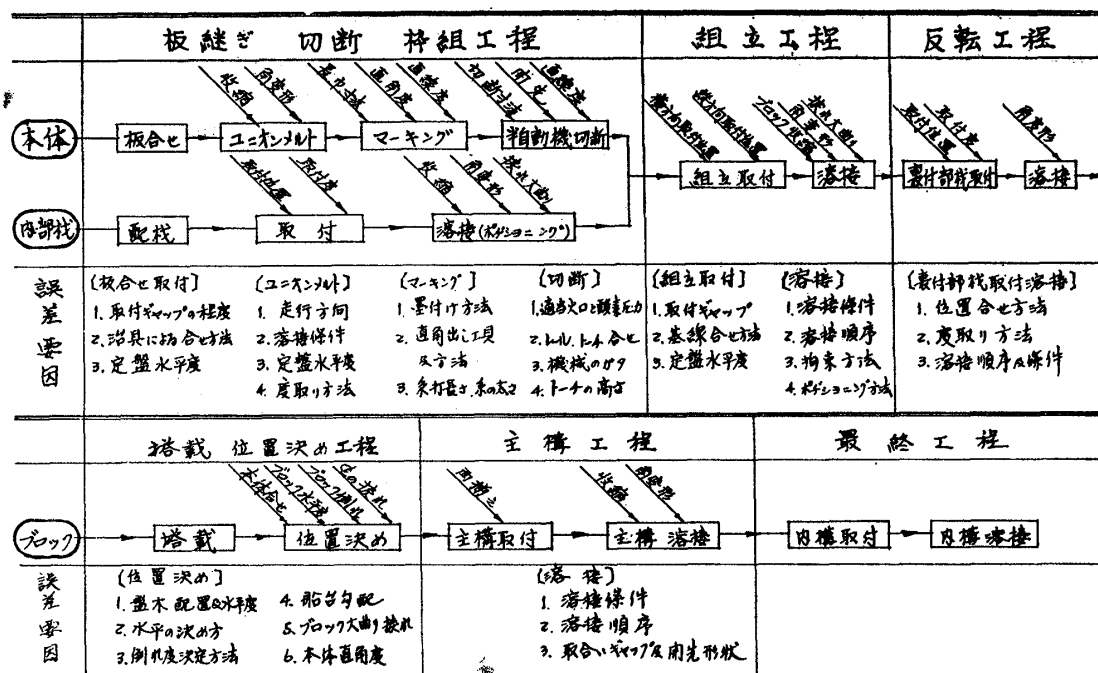
第 2-1 図のような船体中央部平面ブロックについて、その加工系統図を第 2-1, 2-2 表に示す。

### 2-2 各单位誤差の標本調査

第2-2表 内業加工工程



第2-3表 大組立搭載工程



2-2-1 標本の大きさ われわれは当面の精度管理の主眼点を、品質特性のパラツキに置き、現状の標準偏差を変動率 10% 以下で推定するのに必要な標本の大きさを次の考え方で選んだ。なおこの場合、前提として対象母集団は、各層各分類毎に無限母集団とし、その分布は正規型と仮定する。

いま  $n$  をサンプル数  $\delta$  を標本不偏分散の平方根、 $\sigma$  を母集団の標準偏差、 $C_2, C_3$  を係数とすると、

$$\frac{D(\delta)}{E(\delta)} = \frac{C_3\sigma}{C_2\sigma} = \sqrt{\frac{1}{C_2^2}} - 1 \leq 0.10 \quad (2-1)$$

ここで  $n \geq 20$  のとき  $1/C$  は  $1+1/4n$  で近似される。これを (2-1) 式に入れて解くと  $n \geq 50$ 。

したがってわれわれは標本の大きさ  $n$  を 50~100 に選んだ。

2-2-2 標本の抜取り 母集団は、第 2-1, 2-2 表の加工系図に従って同じ条件の下に、同じ作業方法で加工されているものとして扱った。

各母集団からの標本の抜取りは次のいずれかの方法に従った。

1) 全数計測を行ない、得られた試料より必要数だけ、ランダムに抜取る。

(例) a) プレーナー材の板巾、直角度、板長さのマーキングおよび切断精度

b) 大組立工程のブロック次体の長さ、巾、直角度、のマーキングおよび切断精度

2) あらかじめランダムに計測個所を指定して抜取る。

(例) a) 大組立工程における内部材の部材取付位置

b) 塔載工程におけるブロックのバット、シームの合わせ

3) 定常の流れの中で、時間的にランダムに抜取る。

(例) a) 内業工程の内部材マーキング、切断精度

b) 小組立工程におけるフェイスプレート、ブラケット、スティフナーの取付位置

これらの方法で得られた標本について実際にランダムネスが保持されているかどうかを符号検定によって調べてみた。その結果各工程において得られた標本は、一般にランダムに抜き取られたものと考えて良いことが確かめられた。以下に二、三の例を示す。

例 1) プレーナー材の板巾

計測値の系列を二つに分けたときの連の総数で検定する。計測値  $N=84$  を十、一の二系列に分けたとき、連の数  $N_R=45$  となった。 $N_1=N_2=42$  のとき下部限界  $U_{0.025}=33$ 、上部限界  $U_{0.975}=52$ 、ここで連の数  $N_R$  は 34~51 の間にあるから、5% 有意水準で標本はランダムと言える。

例 2) 型鋼切断後の長さ

計測数  $N=76$ 、連の数  $N_R=42$  で  $N_1=N_2=38$  のとき、下部限界  $U_{0.025}=30$ 、上部限界  $U_{0.975}=47$ 、従って標本はランダムと言える。

例 3) 大組立における内部材取付位置

計測数  $N=80$ 、連の数  $N_R=45$  で  $N_1=N_2=40$  のとき、下部限界  $U_{0.025}=31$ 、上部限界  $U_{0.975}=50$  従って、標本はランダムと言える。

2-2-3 加工工程前の誤差 各工程で加工を行なう場合の基準は、図面指示寸法または現図製作の諸テープ、型等の寸法および形状である。厳密に言えば、現図工程における正面線図の精度、およびテープ、型等の製作時の誤差を考えねばならないが以下の数値例で示すように、加工工程で問題を生じる程のものでないと考えて、ここでは加工工程前の誤差については考えないで、諸テープ、型等は全て正しいものとして取扱った。

(現図工程での誤差の計測例) ここで正面線図の各ライン、および基準尺は正しいものとし、また床面の伸縮はないものと仮定したとき、製作時の各操作において、発生する誤差は

1) 線と線と「合わせる」操作 標準偏差 = 0.10~0.25mm

2) 「転記」(墨付け) の操作 標準偏差 = 0.15~0.30mm

である。従って製作のテープ、型等の誤差は、各操作が累積するものとして、標準偏差 = 0.3~0.4mm と考えられる。

## 2-3 単位誤差の分布

2-3-1 計測結果の数値例 前項の要領に従って計測した各単位誤差の平均値と標準偏差を第 2-3 表に示す。

この数値は、あくまでもわれ々の活動の一断面をとらえたものであり、現段階のわれわれの水準として得たも

第 2-3 表 各工程における品質特性値と正規性の検定

| 大工程   | 小工程   | 部材       | 品質特性                 | 計測基準                     | 計測結果 |           | 正規性の検定                                     |                     |        |
|-------|-------|----------|----------------------|--------------------------|------|-----------|--------------------------------------------|---------------------|--------|
|       |       |          |                      |                          | 平均値  | 標準偏差      | $\chi^2_0$                                 | $\chi^2(\phi, .05)$ | 判定     |
| 内装工程  | モーニング | 本体       | 仕上モヤシ直線度             | 長さ1mに対するフレット量            | 0    | 0.94/1000 | $\chi^2_0 = 1.34 < \chi^2(4, .05) = 9.49$  |                     | 75~90% |
|       |       |          | 仕上モヤシ板直度             | フレット図面指示寸法を0として大を+小を-とする | 0.3  | 1.08      | $\chi^2_0 = 5.73 < \chi^2(4, .05) = 9.49$  |                     | 10~25% |
|       |       |          | プレーナ板直度              | 全上                       | 0.1  | 0.69      | $\chi^2_0 = 7.68 < \chi^2(6, .05) = 12.59$ |                     | 25~50% |
|       |       |          | 開先角度                 | 65度±0.5度大を+小を-とする        | 0.1  | 1.15      | $\chi^2_0 = 2.64 < \chi^2(6, .05) = 12.59$ |                     | 75~90% |
|       |       | 内装部材     | ▽マヤシ寸法               | フレット寸法を0として大を+小を-とする     | 0    | 0.55      | $\chi^2_0 = 3.26 < \chi^2(2, .05) = 5.99$  |                     | 10~25% |
|       |       |          | 型鋼マヤシ寸法              | 全上                       | 0.3  | 0.74      | $\chi^2_0 = 2.65 < \chi^2(3, .05) = 7.81$  |                     | 25~50% |
|       | 切断工程  | 切断部材     | ▽切断精度                | 差線(50)を正規(0)として          | 0.6  | 0.76      | $\chi^2_0 = 4.86 < \chi^2(3, .05) = 7.81$  |                     | 10~25% |
|       |       |          | 開先切断精度               | 差線(50)を正規(0)として          | -0.1 | 0.96      | $\chi^2_0 = 2.40 < \chi^2(4, .05) = 9.49$  |                     | 50~75% |
|       |       |          | 型鋼切断精度               | 全上                       | 0.3  | 1.10      | $\chi^2_0 = 3.60 < \chi^2(6, .05) = 12.59$ |                     | 50~75% |
|       |       |          | ビルトアップスチーフウェブ長さ      | フレット寸法を0として大を+小を-とする     | -0.1 | 0.94      | $\chi^2_0 = 5.25 < \chi^2(4, .05) = 9.49$  |                     | 10~25% |
|       |       | 小組立工程    | スチーフ取付位置             | 図面指示寸法に準ずる               | 0.3  | 0.86      | $\chi^2_0 = 3.87 < \chi^2(4, .05) = 9.49$  |                     | 25~50% |
|       |       |          | ウェブフレーム左スチーフ取付位置     | 図面指示寸法に準ずる               | 0    | 1.40      | $\chi^2_0 = 3.52 < \chi^2(4, .05) = 9.49$  |                     | 25~50% |
| 大組立工程 | 板組立工程 | 本体       | ブロック長さ(マヤシ精度)        | 現図フレットに対する               | -0.1 | 1.25      | $\chi^2_0 = 5.60 < \chi^2(4, .05) = 9.49$  |                     | 10~25% |
|       |       |          | ブロック市(マヤシ精度)         | 全上                       | -0.3 | 1.13      | $\chi^2_0 = 1.21 < \chi^2(4, .05) = 9.49$  |                     | 75~90% |
|       |       |          | ブロック周辺の直角度           | ダイヤゴナルの一方を正規とし他方向の差を計測する | 0.6  | 1.78      | $\chi^2_0 = 6.90 < \chi^2(5, .05) = 11.07$ |                     | 10~25% |
|       |       |          | 切断精度                 | 差線(50)を正規(0)として          | 0    | 0.91      | $\chi^2_0 = 2.69 < \chi^2(4, .05) = 9.49$  |                     | 50~75% |
|       |       | 本体及群組    | 長さ方向部材取付位置           | 図面指示寸法に準ずる               | -0.1 | 1.41      | $\chi^2_0 = 1.83 < \chi^2(4, .05) = 9.49$  |                     | 75~90% |
|       |       |          | 横方向部材取付位置            | 全上                       | 0    | 1.42      | $\chi^2_0 = 5.56 < \chi^2(4, .05) = 9.49$  |                     | 10~25% |
|       | 塔載工程  | 塔載位置決め工程 | 貫通ピース取付位置            | 図面指示寸法に準ずる               | -0.4 | 1.70      | $\chi^2_0 = 2.24 < \chi^2(5, .05) = 11.07$ |                     | 75~90% |
|       |       |          | ボトムブロックシム(仮付時)       | 差線間寸法(100)を正規とする         | 2.6  | 1.58      | $\chi^2_0 = 2.76 < \chi^2(3, .05) = 7.81$  |                     | 25~50% |
|       |       |          | ボトムブロックバット(仮付時)      | 図面指示寸法に準ずる               | 3.0  | 1.86      | $\chi^2_0 = 1.18 < \chi^2(4, .05) = 9.49$  |                     | 75~90% |
|       |       |          | L.B.H.P.ブロックシム(仮付時)  | 全上                       | 2.1  | 1.93      | $\chi^2_0 = 3.48 < \chi^2(4, .05) = 9.49$  |                     | 25~50% |
|       |       |          | L.B.H.P.ブロックバット(仮付時) | 全上                       | 2.8  | 2.22      | $\chi^2_0 = 2.63 < \chi^2(4, .05) = 9.49$  |                     | 50~75% |
|       |       |          | 上甲板ブロックシム(仮付時)       | 全上                       | 2.5  | 1.82      | $\chi^2_0 = 4.82 < \chi^2(4, .05) = 9.49$  |                     | 25~50% |
|       |       |          | 上甲板ブロックバット(仮付時)      | 全上                       | 2.7  | 2.04      | $\chi^2_0 = 2.82 < \chi^2(5, .05) = 11.07$ |                     | 50~75% |

のである。

2-3-2 計測値の正規性の検定 前項で「各母集団の分布は、正規型である」と仮定したが、その妥当性を確かめるため、得られた標本についてカイ二乗分布を用いて正規性の検定を行なった。

すなわち  $x_i$  を実測度数、 $f_i$  を期待度数とし、階級の数  $k$  としたとき、次式によって  $\chi^2_0$  を求める。

$$\chi^2_0 = \sum_{i=1}^k \frac{(x_i - f_i)^2}{f_i} \quad (2-2)$$

ここで  $f_i \geq 5$  とした  $5 \leq k < 20$  になるように組分けした。一方カイ二乗表より危険率 5% に対する、自由度  $\phi = k - 2 - 1$  (この場合平均値及び標準偏差を実測値より推定しているため複合仮説となる。) のカイ二乗の値を求めて適合度の検定を行なった。検定結果を前項の第 2-3 表に附記する。

この結果、各工程における母集団の誤差分布が、正規分布にしていると考えて差し支えないことがわかった。

#### 2-4 計測器具と計測誤差について

2-4-1 計測器具 各工程で計測に当って使用した計測器具とその使用例を第 2-4 表に示す。

2-4-2 計測誤差 計測方法、時間、条件、および個人差等によって計測誤差を生ずることは免れない。しかしどの程度の誤差が生じているかを確かめる必要がある。そこでわれわれは計測誤差が最も大きいと考えられる、折尺を使用した場合について、以下に述べる小実験を試みた。

第 2-5 表に示したような各条件について、それぞれ数個の計測点を全計測員に計測させた。その結果を、計測

第 2-4 表 計測器具と使用例

| 計測対象                             | 計測器具                         | 使用例                          | 計測・位<br>mm |
|----------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------|
| 部材の大きさ<br>[長さ, 幅, 高さ]<br>等の寸法計測] | 鋼・製 巻 尺 10m, 20m. JIS 1, 2 級 | 板, 型鋼, ビルトアップセクション等の長さ, または幅 | 0.5        |
|                                  | コンベックスルール (2.000m JIS 1 級)   | 2.000m 迄部材の長さ幅または部材端迄の寸法     | 0.5        |
|                                  | 折 尺 (1.000m)                 | 加工精度の低いものの大きさ                | 1.0        |
|                                  | 長 尺 ノ ギ ス (2.500m)           | 加工精度の高いもの, フレームプレーナー材の板幅     | 0.1        |
|                                  | 現図製作鋼製テープ (7.000m~15.000m)   | ブロックの長さ, 幅                   | 0.5        |
| 直 角 度                            | 鋼製直角定規 (500×350)             | 大, 小組立における部材端までの寸法 (500 まで)  | 0.5        |
|                                  | 直 角 定 規 (アルミ製 1.000m×1.000m) | 内業における板等の直角度                 | 0.5/1000   |
|                                  | 鋼製直角定規 (500×350)             | 小部材, 型鋼等の直角度                 | 0.5/500    |
| 切断精度及び<br>開先角度                   | 巻尺又は現図製鋼製テープ (15.000~20.000) | ブロック本体の直角度 (ダイアゴナルチェック)      | 0.5        |
|                                  | 小型直角定規 (94×50)               | 差越線 (切断線より50) 寸法計測による切断精度    | 0.5        |
| 差越間距離及び<br>間隙                    | 鋼製分度器                        | 開先角度の計測                      | 0.5°       |
|                                  | ノ ギ ス (150)                  | ブロックバット, シームの差越間寸法または溶接の収縮   | 0.5・0.1    |
| 直 線 度                            | 隙 見 ゲ ー ジ (JIS 5~0.5m/m)     | 量部材間隙                        | 0.5        |
|                                  | ビ ア ノ 線 張 糸                  | 加工精度の高いもの (プレーナー材の直線度等)      | 0.2        |
|                                  |                              | 各工程における歪量                    | 1.0        |

めたものが誤差が正規分布するとして, まと第 2-5 表である。この実験の結果, 折尺で計測した場合でも計測誤差は標準偏差=0.5~0.6 mm と考えて差し支えない。実際の計測では, 折尺を使うことは少なく, 第 2-4 表に示した計測器具を使用しているので, 計測誤差はもう少し小さいものと思われる。

(註) 第 2-3 表に示した数値は計測誤差を含んだものである

第 2-5 表 計測誤差の小実験

| 計測条件                 | 概 要                                                                                  | 計測誤差<br>標準偏差 mm                                                | 備 考                                  |
|----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| 1) 線と線間を<br>計測した時    |    | $a < 1.000$<br>$\sigma = 0.5$<br>$a > 1.000$<br>$\sigma = 0.6$ | 1) 線の本数は約 1mm<br>2) 実験は実際計測と同じ環境で行った |
| 2) 部材から線迄<br>を計測した時  |  | $a < 1.000$<br>$\sigma = 0.4$<br>$a > 1.000$<br>$\sigma = 0.4$ |                                      |
| 3) 部材端から線迄<br>を計測した時 |  | $a < 1.000$<br>$\sigma = 0.4$                                  |                                      |

### 3 誤差の累積

一般に組立作業における製品誤差の推定, 部品公差のわりつけには, 正規分布の加法性が用いられる。すなわち各製造工程における発生誤差を  $X_i$ , 製品誤差を  $Z$  とするとき

1)  $Z$  は  $X_i$  の一次式  $Z = \sum a_i \cdot X_i$  であらわされる。2) 各  $X_i$  は互いに独立に発生し, それぞれ正規分布  $N(\mu_i, \sigma_i)$  にしたがう。

ならば,  $Z$  は正規分布  $Z(\mu_0, \sigma_0)$  にしたがう,  $\mu_0 = \sum a_i \cdot \mu_i$ ,  $\sigma_0^2 = \sum a_i^2 \cdot \sigma_i^2$  である。

船殻工事の場合, 例えば製品誤差  $Z$  を, 内部材の現場接手における開先誤差と考えると, 組立要領, シップライト要領等の工作手順を決めることによって,  $Z$  は一般に

$$Z = \sum P_i + \sum S_j + \sum A_k + \sum E_l \quad (3-1)$$

の形であらわされる。

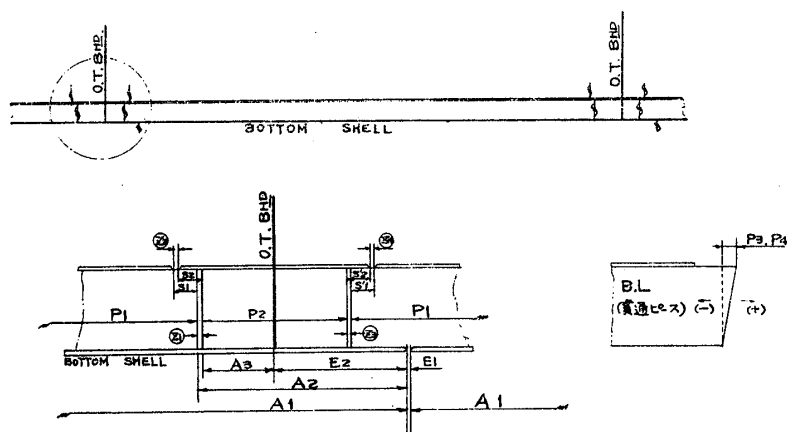
ここで  $P_i$ =部材加工工程における発生誤差  $S_j$ =小組立工程における発生誤差  $A_k$ =大組立工程における発生誤差  $E_l$ =搭載工程における発生誤差とする。(以後(3-1)式を“誤差累積式”と呼ぶことにする)

前節において述べた如く, 各单位誤差がほぼ正規分布にしたがうことは確かめられたが, 船殻工事のように各单位誤差の分布の偏りが比較的大きく, しかも複雑な累積過程をたどる場合に, 正規分布の加法性がどの程度の適合度で成立するものかはっきりしなかった。

そこでわれわれは 50,000D. W. T 型バルクキャリアーおよび 70,000D. W. T 型油槽船の二船について, 建造中つぎのを行なってみた。

1) 中央平行部の主要内部材の現場接手に対して誤差累積式を立て, 関係する各工程誤差と最終誤差  $Z$  とを実測した。2) 各工程誤差の標本平均と標本分散とから, 正規分布の加法性を用いて  $Z$  の平均値と分散とを算出した。3) 実測値から  $Z$  の母分散の信頼区間を求めて計算値と比較し, 且つ実測値について正規性の検定を行なってみた。

この結果, 船殻工事における誤差の累積が正規分布の加法性にしたがうものとして, 実用上差し支えないこと



第 3-1 図

が確められた。

以下二、三に例について述べる。

例 1 Bottom Long<sub>L</sub> の現場接手 (70,000 D.W.T 油槽船, 第 3-1 図)

組立要領

- 1) Bottom Long<sub>L</sub> の face plate は船首側シフト量 ( $S_2$ ) をおさえて取付ける。
- 2) 貫通ビースの face plate は船尾側シフト量 ( $S_2$ ) をおさえて取付ける。
- 3) 船底外板は板継溶接完了後, 船首側バットの板耳を 3mm 伸して仕上切断する。
- 4) Bottom Long<sub>L</sub> は船首側の止り位置と本体板耳との寸法 ( $A_2$ ) が (正規寸法+2mm) になるように取付ける。
- 5) 貫通ビースは, T-BHD の船尾側の寸法 ( $A_3$ ) をおさえて取付ける。

誤差累積式

$$Z_1 = A_2 - (A_3 + E_2)$$

$$Z_2 = Z_1 + [(S_1 - P_3) - (S_2 + P_3)]$$

$$Z_3 = [E_2 - (P_2 - A_3)] - [(P_1 + A_2) - (A_1 + E_1)]$$

$$Z_4 = Z_3 + [(S_1' - P_3) - (S_2' + P_3)]$$

誤差累積式の右辺各項の符号は, その代数和が左辺  $Z$  の符号を, 開先にギャップを生ずる場合は (+) 開先が重なる場合は (-) で表わすように定めた。

$E_1$ , 各  $Z$  等, ギャップを表わす項の計測は全て差越線間で行ない, 差越線の記入誤差は無視した。また厳密

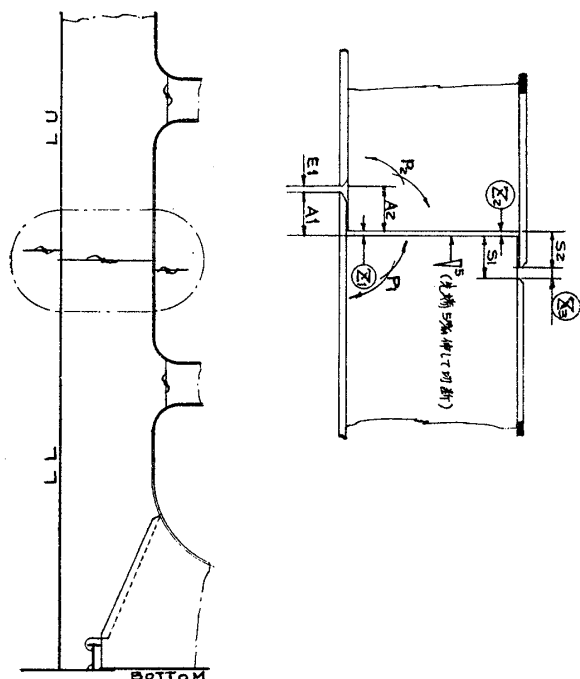
第 3-1 表 各单位誤差の実測値および  $Z$  の累積計算

| 項 目    | 資料数<br>$n$ | 平均値<br>$\bar{x}$ | 分 散<br>$S^2$ | 備 考                                                 |
|--------|------------|------------------|--------------|-----------------------------------------------------|
| $P_1$  | 126        | + 0.4            | 0.94         | Bottom Long <sub>L</sub> の長さ (小組立後)                 |
| $P_2$  | 50         | + 0.5            | 0.79         | 貫通ビースの長さ (小組立後)                                     |
| $P_3$  | 156        | 0                | 0.51         | Bottom Long <sub>L</sub> および 貫通ビースの切口の直角度           |
| $S_1$  | 140        | + 1.1            | 0.61         | Bottom Long <sub>L</sub> の face plate 取付位置          |
| $S_1'$ | 140        | + 0.5            | 1.64         | Bottom Long <sub>L</sub> の船尾側における web と face とのシフト量 |
| $S_2$  | 50         | - 0.4            | 0.81         | 貫通ビースの face plate 取付位置                              |
| $S_2'$ | 50         | + 0.6            | 1.82         | 貫通ビースの船首側における web と face とのシフト量                     |
| $A_1$  | 36         | + 2.9            | 1.38         | 船底外板の長さ (仕上切断後)                                     |
| $A_2$  | 83         | + 1.6            | 1.64         | Bottom Long <sub>L</sub> の取付位置                      |
| $A_3$  | 70         | - 0.8            | 2.02         | 貫通ビースの取付位置                                          |
| $E_1$  | 42         | - 0.4            | 2.43         | 外板の現場バット合わせ精度, (溶接後の差越間寸法)                          |
| $E_2$  | 44         | + 1.9            | 4.60         | T-BHD 建付位置 (外板バットからの寸法)                             |
| $Z_1$  | —          | + 0.5            | 8.26         | 推定当金率* 5%                                           |
| $Z_2$  | —          | + 2.0            | 10.70        | " 11%                                               |
| $Z_3$  | —          | + 1.0            | 13.80        | " 12%                                               |
| $Z_4$  | —          | + 1.0            | 18.28        | " 17%                                               |

\* 接手の溶接に真当金を必要とする個所の推定発生率。 $Z$  が計算値の平均と分散を持った正規分布であると仮定して,  $Z$  が +5mm を超える確率を用いた。(これは以下の例についても同様とする)

第 3-2 表 Z の実測値

| 項 目   | 資 料 数<br>$n$ | 平 均 値<br>$\bar{x}$ | 分 散<br>$S^2$ | 母分散の信頼区間<br>(信頼度 90%) | 正 規 性 の 検 定<br>(有意水準 10%)      | 実際の当金率 |
|-------|--------------|--------------------|--------------|-----------------------|--------------------------------|--------|
| $Z_1$ | 85           | + 0.8              | 7.61         | 6.07~10.01            | $\chi_0^2=4.75 < \chi^2=10.64$ | 4%     |
| $Z_2$ | 82           | + 2.3              | 9.71         | 7.55~12.65            | $\chi_0^2=4.80 < \chi^2=12.02$ | 12%    |
| $Z_3$ | 78           | + 1.1              | 10.02        | 7.98~14.0             | $\chi_0^2=4.90 < \chi^2=10.64$ | 6%     |
| $Z_4$ | 72           | + 2.2              | 13.75        | 10.05~18.31           | $\chi_0^2=7.86 < \chi^2=12.62$ | 13%    |



第 3-2 図

$$Z_3 = Z_2 + (S_1 - S_2)$$

上式中  $E_{x1}, E_{x2}$  はそれぞれ, LL (SL), LU (SU) ブロックの, ブロック縦曲りおよび建付時の倒れが, web の先端における開先精度  $Z_2$  に影響する量をあらわす。これについて信頼度の高い実測値を得ることは実際上困難であるので, 逆に  $Z_2$  の実測値を用いて  $E_{x1} + E_{x2}$  を推定してみた。 $Z_3$  の累積計算は  $Z_2$  の実測値を用いて行なった。

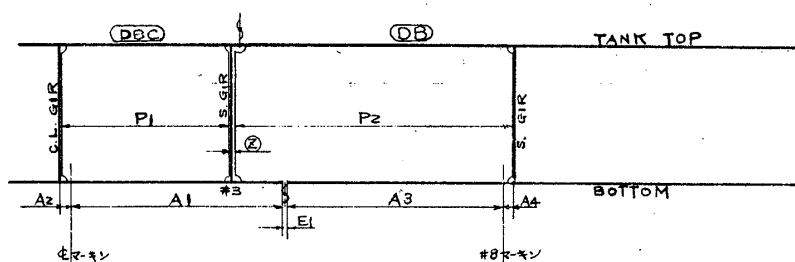
例 3 中央部二重底のガーダーとフロアーの現場取合 (50,000D. W. T バルクキャリアー, 等 3-3 図)

第 3-3 表 各単位誤差の実測値および Z の累積計算

| 項 目               | 資 料 数<br>$n$ | 平 均 値<br>$\bar{x}$ | 分 散<br>$S^2$ | 備 考                                    |
|-------------------|--------------|--------------------|--------------|----------------------------------------|
| $P_1$             | 48           | + 4.8              | 1.17         | LL (SL) ・ web 上端の直角度 (先端 5mm 伸して切断)    |
| $P_2$             | 56           | - 0.3              | 1.00         | LL (SU) の web 下端の直角度                   |
| $A_1$             | 48           | + 0.7              | 1.56         | LL (SL) の web の face 取付位置              |
| $A_2$             | 56           | + 1.5              | 1.48         | LU (SU) の web の face 取付位置              |
| $A_3$             | 54           | + 1.8              | 2.32         | LL (SL) の web frame 取付位置               |
| $A_4$             | 82           | + 0.6              | 2.48         | LU (SU) の web frame 取付位置               |
| $E_1$             | 101          | - 1.6              | 2.91         | LL (SL) × LU (SU) シームの合せ精度 (溶接後の差越間寸法) |
| $E_{x1} + E_{x2}$ | —            | + 5.2              | 3.63         |                                        |
| $Z_1$             | —            | - 0.4              | 7.71         | 推定当金率 2%                               |
| $Z_3$             | —            | - 0.5              | 17.76        | " 8%                                   |

第 3-4 表 Z の実測値

| 項 目   | 資 料 数<br>$n$ | 平 均 値<br>$\bar{x}$ | 分 散<br>$S^2$ | 母分散の信頼区間<br>(信頼度 90%) | 正 規 性 の 検 定<br>(有意水準 10%)       | 実際の当金率 |
|-------|--------------|--------------------|--------------|-----------------------|---------------------------------|--------|
| $Z_1$ | 79           | - 0.7              | 8.39         | 6.63~11.25            | $\chi_0^2=8.50 < \chi^2=12.02$  | 2.5%   |
| $Z_2$ | 79           | + 0.3              | 14.80        | —                     | $\chi_0^2=11.15 < \chi^2=18.55$ | 7%     |
| $Z_3$ | 61           | - 0.2              | 15.30        | 11.80~21.60           | $\chi_0^2=5.51 < \chi^2=12.02$  | 6.5%   |



第 3-3 図

第 3-5 表 各単位誤差の実測値及び Z の累積計算

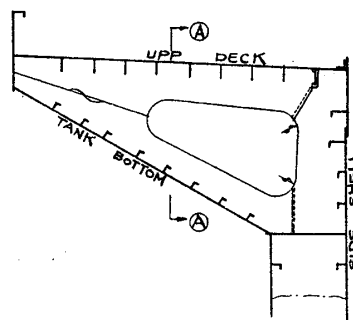
| 項 目   | 資料数<br>n | 平均値<br>$\bar{x}$ | 分散<br>$S^2$ | 備 考                                   |
|-------|----------|------------------|-------------|---------------------------------------|
| $P_1$ | 140      | - 0.3            | 1.21        | DBC のフロアーの幅 (小組立後)                    |
| $P_2$ | 140      | - 1.1            | 1.21        | DB のフロアーの幅 (小組立後)                     |
| $A_1$ | 60       | + 0.6            | 2.13        | 船尾外板の C, L マーキン線から板耳までの寸法             |
| $A_2$ | 60       | + 0.3            | 1.25        | C, L マーキン線と C, L GIR 取付位置とのずれ         |
| $A_3$ | 48       | + 1.5            | 2.25        | DB 船底外板の #8S, GIR 位置のマーキン線から内側板耳までの寸法 |
| $A_4$ | 48       | + 0.4            | 1.67        | #8S, GIR のマーキン線と取付位置とのずれ              |
| $E_1$ | 54       | - 1.5            | 2.46        | DBC×DB 船底シームの合せ精度 (溶接後の差越間寸法)         |
| Z     | —        | + 1.7            | 12.18       | 推定当金率 5%                              |

第 3-6 表 Z の実測値

| 項 目 | 資料数<br>n | 平均値<br>$\bar{x}$ | 分散<br>$S^2$ | 母分散の信頼区間<br>(信頼度 90%) | 正規性の検定<br>(有意水準 10%)            | 実際の当金率 |
|-----|----------|------------------|-------------|-----------------------|---------------------------------|--------|
| Z   | 84       | + 1.8            | 12.0        | 13.0~17.1             | $\chi_0^2=10.38 < \chi^2=10.64$ | 7%     |

## 組立要領

- 1) フロアーおよびガーダーは治具上で枠組を行なう。
- 2) 船底外板と枠組との取合いは, DBC ブロックは C, LGIR を, DB ブロックは #8S, GIR を基準にして行なう。
- 3) 現場据付: DB ブロックは DBC×DB の船底シームを基準にして巾方向の位置決めを行なう。パトックラインは使用しない。



## 誤差累積式

フロアーとガーダーの地上接手の際を無視して考えると

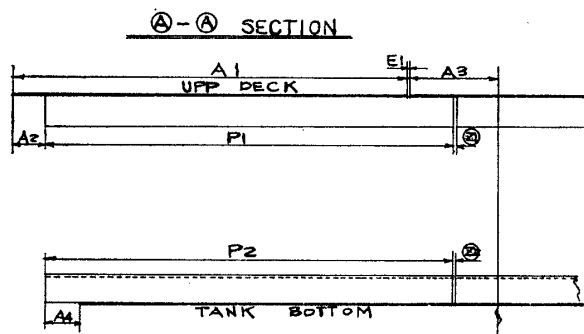
$$Z = (A_1 + A_2 + E_1 + A_3 + A_4) - (P_1 + P_2)$$

例 4 上部ウィングタンク内, Deck Long<sup>L</sup> および Bottom Long<sup>L</sup> の現場接手 (50,000D. W. T バルクキャリアー, 第 3-4 図)

## 組立要領

- 1) DE Long<sup>L</sup> Bottom Long<sup>L</sup> とも船尾側の止り位置と本体板耳との寸法  $A_2$  をおさえて取付ける。
- 2) 上甲板本体は板継溶接後, 船首側バットの板耳を 3mm 伸して仕上切断する。
- 3) Tank Bottom 本体の船首側バットの板耳は伸しておき, 現場搭載後に仕上切断する。
- 4) 上甲板パネルと Tank Bottom パネルとの結合時, 長さ方向の相対位置は, Tank Bottom の船尾側バットから上甲板に下げ振りを下し, 上甲板耳からの寸法  $A_3$  をおさえて決める。

## 誤差累積式



第 3-4 図

第 3-7 表 各单位誤差の実測値および Z の累積計算

| 項 目   | 資料数<br>n | 平均値<br>$\bar{x}$ | 分散<br>$S^2$ | 備 考                                     |
|-------|----------|------------------|-------------|-----------------------------------------|
| $P_1$ | 70       | -0.4             | 1.88        | DK LongL の長さ                            |
| $P_2$ | 68       | +3.8             | 2.25        | Tank Bottom LongL の長さ(正規寸法より 3mm 伸して切断) |
| $A_1$ | 38       | +1.3             | 1.84        | 上甲板の本体長さ                                |
| $A_2$ | 128      | +0.1             | 2.23        | DK LongL の取付位置                          |
| $A_3$ | 64       | +1.2             | 6.04        | 上甲板パネルと Tank Bottom パネルの長さ方向の相互位置       |
| $A_4$ | 128      | +0.3             | 4.14        | Tank Bottom LongL の取付位置                 |
| $E_1$ | 42       | +0.4             | 3.24        | 上甲板パットの合せ精度(溶接後の差越間寸法)                  |
| $Z_1$ | —        | +2.2             | 11.42       | 推定当金率 13%                               |
| $Z_2$ | —        | -2.3             | 25.78       | " 8%                                    |

第 3-8 表 Z の 実 測 値

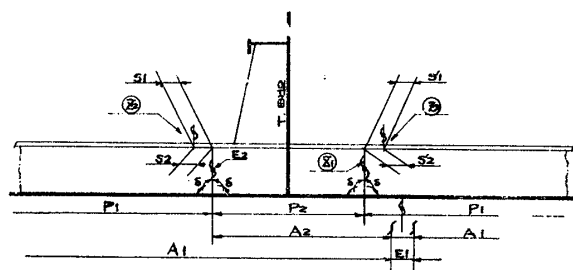
| 項 目   | 資料数<br>n | 平均値<br>$\bar{x}$ | 分散<br>$S^2$ | 母分散の信頼区間<br>(信頼度 90%) | 正 規 性 の 検 定<br>(有意水準 10%)       | 実際の当金率 |
|-------|----------|------------------|-------------|-----------------------|---------------------------------|--------|
| $Z_1$ | 102      | 2.6              | 9.16        | 7.5~12.0              | $\chi_0^2=11.69 < \chi^2=14.68$ | 14%    |
| $Z_2$ | 82       | -1.7             | 22.60       | 17.8~30               | $\chi_0^2=6.96 < \chi^2=10.64$  | 5%     |

$$Z_1 = (A_1 + E_1 + A_2) - (A_2 + P_1)$$

$$Z_2 = (A_1 + E_1 + A_3 - A_4) - (A_3 + P_2 - A_2)$$

## 4 製造工程への適用

前二節で現状の方法に従った場合の各工程の水準と、それらが最終的に結合を終るまでに累積していく過程について述べた。このことから、船殻工事のような複雑な組立工程においても、その過程を明確に捉えることができれば、最終工程での許容誤差から各工程の精度水準の妥当性が検討できる。しかし実際には現状の各工程の水準は最終工程を許容誤差内に収め得る段階にはない。むしろ逆に現状で到達できる水準のものの累積で、発生する最終工程の誤差のばらつきおよび平均値を推定し、その部分の加工の方法を決定する方が实际的である。この



第 4-1 図

誤差累積式

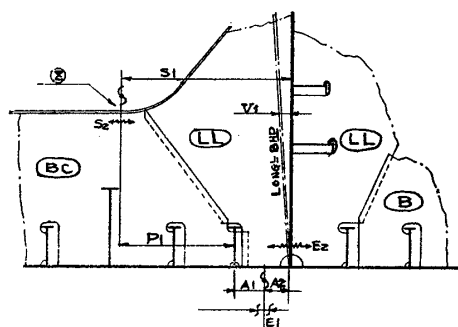
$$Z_1 = (A_2 + E_1 + A_1) - (E_2 + P_2 + P_1 + A_2)$$

$$Z_2 = (-S_1 + S_2) - (-S_1 + S_1) + (E_2)$$

$$Z_3 = Z_1 + (-S_1 + S_2) - (-S_1 + S_1)$$

第 4-1 表

| STAGE    | PROCESS                    | $\bar{x}$ | $\sigma$ | $\sigma^2$ | 摘 要                        |
|----------|----------------------------|-----------|----------|------------|----------------------------|
| PRE-FAB. | P1 (BOTTOM LONGL の長さ)      | -1        | 1.0      | 1.00       | 平均値のマイナスは短く製作する事を意味する      |
|          | P2 (TROUGH PIECE の長さ)      | 0         | 1.0      | 1.00       |                            |
|          | $\delta$ (通角精度)            | 0         | 0.5      | 0.25       | Bottom LongL の深さの端部の振れ量を表す |
|          | S1 (T. PIECE の F. PL. のずれ) | 0         | 0.8      | 0.64       |                            |
| SUB      | S1 ( " )                   | 0         | 0.8      | 0.64       |                            |
| ASS.     | S2 (B. LONGL の F. PL. のずれ) | 0         | 0.8      | 0.64       |                            |
|          | S2 ( " )                   | 0         | 0.8      | 0.64       |                            |
| ASS.     | A1 (BOTTOM PLATE の長さ)      | +3        | 1.2      | 1.44       | MAIN BUTT の取付代は見込む         |
|          | A2 (B. LONGL の 端部合せ)       | +3        | 1.2      | 1.44       |                            |
| ERR.     | E1 (溶接台差越間距離)              | -2        | 1.5      | 2.25       | 溶接の取付代は Z とする              |
|          | E2 (銑合間隙)                  | +1        | 1.5      | 2.25       |                            |
|          | $Z_1$                      | +1        | 3.3      | 10.82      | 平均値のプラスは溶接の代金を示す           |
|          | $Z_2$                      | +1        | 2.0      | 4.03       |                            |
|          | $Z_3$                      | +1        | 3.5      | 12.60      |                            |



第 4-2 図

誤差累積式

$$Z = (S_2 + P_1 + A_1 + E_1 + A_2 + E_2) - (S_1 + V_1)$$

第 4-2 表

| STAGE    | PROCESS                            | $\bar{x}$ | $\sigma$ | $\sigma^2$ | 摘 要                     |
|----------|------------------------------------|-----------|----------|------------|-------------------------|
| PRE-FAB. | P1 (BOTTOM TRANSVERSE F. PL. の長さ)  | 0         | 0.9      | 0.81       |                         |
| SUB-ASS. | S1 (L. BPP. TRANSVERSE F. PL. のずれ) | +2        | 0.8      | 0.64       | Z の長さ 2.8% を伸ばして取付けた    |
|          | S2 (TRANSVERSE F. PL. のずれ)         | 0         | 0.8      | 0.64       |                         |
| ASS.     | A1 (BOTTOM LONGL 取付位置)             | 0         | 1.4      | 1.96       |                         |
|          | A2 (LONGL BPP. のずれ)                | +2        | 1.0      | 1.00       | BC, B3-4 の溶接による取付位置を見込む |
|          | V1 (LONGL BPP. のずれ)                | 0         | 2.0      | 4.00       | Z の高さにおける正規位置からの傾き量     |
| ERR.     | E1 (差越間距離)                         | -2        | 1.5      | 2.25       | 溶接後の差越間距離(2%の取付量を見込む)   |
|          | E2 (L. BPP. の合せ)                   | 0         | 2.0      | 4.00       |                         |
|          | $Z$                                | -2        | 3.9      | 15.30      | 切断率 69% 当金率 37%         |

事前の計画を“精度計画”と称して各船の中央平行部で実施して来た。同時に計画段階で明確となった各工程の要求水準と注意事項を末端まで衆知徹底すること、およびこれを実現するための執制についても具体的に取上げた。これらの点につき二、三の実例をもって以下に説明する。

#### 4-1 精度計画

構造図に基づいて組立の手順を決め、誤差の累積過程を分析し各工程の許容誤差および加工要領（主として伸し量）の決定を行なう。

各工程の基準の標準偏差  $\sigma_i$  から分散の加法性を利用して  $\sum \sigma_i^2$  を計算し、最終工程  $Z_j$  の標準偏差の推定値として  $\sqrt{\sum \sigma_i^2}$  を求める。

さらに切断率、当金率を考慮して、該部における伸し量を決定し適当な工程に振当ててその工程の平均値を計画的にずらす。

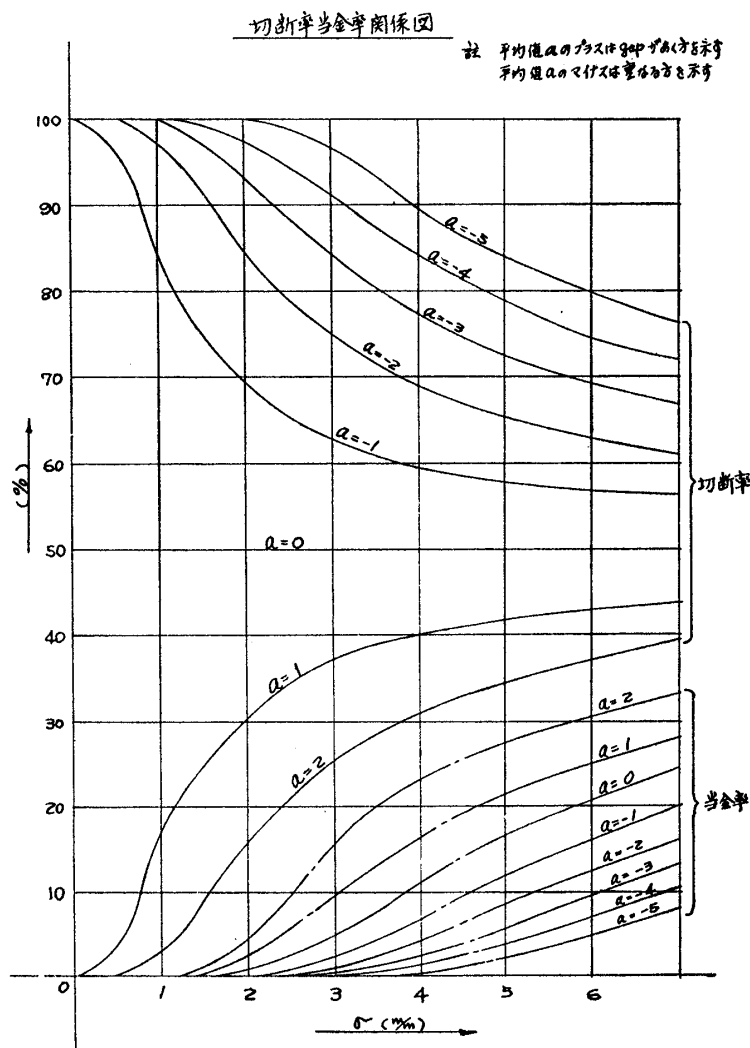
上記の実例を 65,000<sup>T</sup> Tanker の中央平行部の一部について示す。

例 1 Bottom Long<sup>L</sup> の現場接手（第 4-1 図、第 4-1 表）

例 2 Bottom Trans face plate の現場接手（第 4-2 図、第 4-2 表）

#### 切断率当金率と伸し量について

船台組立における取合溶接部の開先の補修の割合（即ち切断率、当金率）は開先誤差の平均値とバラツキとによって変化する。いまギャップが 5m/m を越える場合は裏当金を施こし、接手が重なる場合には切断を行なってその取合部を補修するものとする。そしてギャップのばらつきが平均値  $a$ 、標準偏差  $\sigma$  の正規分布をするならば当金率  $R_B$ 、切断率  $P_C$  はそれぞれ次のように表わされる。



第 4-3 図 切断率、当金率、関係図

$$P_B = \int_{t_1}^{\infty} \phi(t) dt \quad \text{但し} \quad t_1 = \frac{5-a}{\sigma} \quad \phi(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{t^2}{2}} \quad (4-1)$$

$$P_C = \int_{-\infty}^{t_2} \phi(t) dt \quad \text{但し} \quad t_2 = \frac{0-a}{\sigma} \quad \phi(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{t^2}{2}} \quad (4-2)$$

上式において、 $a$  および  $\sigma$  のそれぞれについての  $P_B$  および  $P_C$  の割合を示したのが第 4-3 図である。このように開先誤差の平均値  $a$  および標準偏差  $\sigma$  がわかれば当金率  $P_B$  および切断率  $P_C$  を推定することができる。一般に  $\sigma$  は容易に変えられないが  $a$  は比較的容易に変え得る場合が多い。従って適当な平均値の移動により  $P_B$  と  $P_C$  との割合を変えて、接手の取合い工事を最も経済的に行ない、且つ十分な接手効率が得られる開先状況になるように計画することができるのである。

#### 4-2 精度計画の利用

われわれはこの様な手法を“精度計画”と名付けたが、これは精度の立場から見た一つの Process analysis である。従ってこの分析の過程を通じて、精度を許容内に収めるための問題の摘出および処理を事前に行なうことができる。今までの説明で明らかのように最終工程の精度をあげるには各工程の精度水準をあげることに、これに関与する工程を適当に選択することである。われわれは後者の各工程の組合せに数量的裏付けをもって臨み、構造図あるいは工作法を適切なものに改良していくためにこの分析を利用した。もちろんこれは精度の立場からだけでは決定できないものであるが、その一要素としてこの方法は有力な武器となる筈である。

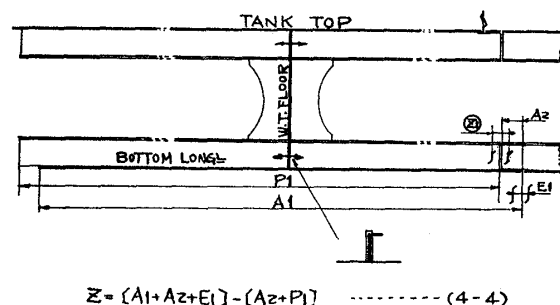
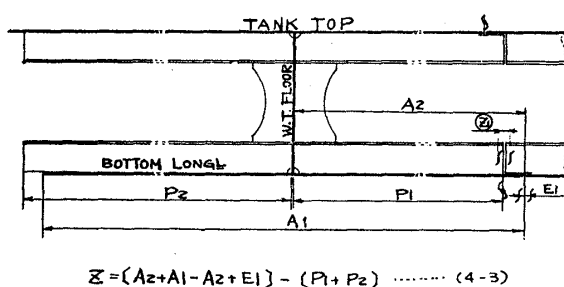
以下にそれぞれの簡単な例を示す。

##### 4-2-1 設計変更による工程数の減少 (第 4-4 図)

(4-3) および (4-4) 式から当然 (4-4) の方が有利であることがわかる。しかし、 $A_1, A_2, E_1$  等に比べ  $P_1, P_2$  の値が比較的小さい場合には拘わるべきでないとも言える。結局その時の水準によって定量的な結論を導き出すことに利用できる。

4-2-2 組立順序変更による工程数の減少 3 の例 1 と前記 4-1 の例 1 とを比較してみると (§3 の例 1) の方は、工程数が (4-1 の例 1) の組立方に比べ一つ多くなり、またそればかりでなく工程数の増加による影響が他のプロセスにまで波及し、結果としては (4-1 の例 1) の方法に比べ非常に悪くなっている。唯 (§3, 例 1) の場合には Trans BHD の位置が比較的正確に取付けられ (4-1 の例 1) では多少のずれがあるがこれは問題になる量ではない。

#### 4-3 各工程への指示



第 4-4 図 50,000D. W. T パルクキャリヤー 中央二重底

第 4-4 表

| STAGE | 指示内容       | 略号 | 摘要                                             |
|-------|------------|----|------------------------------------------------|
| 現図    | 寸法精度       | ▽  | 基準 $r=0.5$ 許容誤差 $\pm 1\%$ 迄意味初                 |
|       | 野番         | ▽  | $r=0.7$ $\pm 1.5\%$ “                          |
| 野番    | 部材角度精度     | ▽  | $r=1.0$ $\pm 2\%$ “                            |
|       | 部材形状精度     | ▽  | $r=0.7$ $\pm 1.5\%$ “                          |
| 切断    | FCP 取付位置精度 | ▽  | $r=0.7$ $\pm 1.5\%$ “                          |
|       | 取付角度精度     | ▽  | $r=1.0$ $\pm 2\%$ “                            |
| 小組立   | 端部之精度      | ▽  | $r=1.0$ $\pm 2\%$ “                            |
|       | 板厚直線精度     | ▽  | $r=1.0$ $\pm 2\%$ “                            |
| 大組立   | 寸法精度       |    |                                                |
|       | 新設端部之精度    |    | STAGE PLAN に精度計画に基づく許容誤差は $\pm 1 \sim \pm 2\%$ |
| 組立組立  | 其の他の精度     |    | で記入し他の事項に関しては注意事項として其の                         |
|       | 建付精度       |    |                                                |
| 組立組立  | 水平精度       |    |                                                |
|       | 基準線間距離精度   |    | STAGE PLAN に記入する                               |
| 組立組立  | 主橋合之精度     |    |                                                |
|       | 内橋合之精度     |    |                                                |
| 組立組立  | 其の他の精度     |    |                                                |
|       |            |    |                                                |

精度計画によって、決められた組立手順、精度水準を各工程の管理者および作業者に衆知徹底させるために、Yard Plan Stage Plan に略号あるいは、文章で明示することとした。第 4-4 表にその概要を示す。

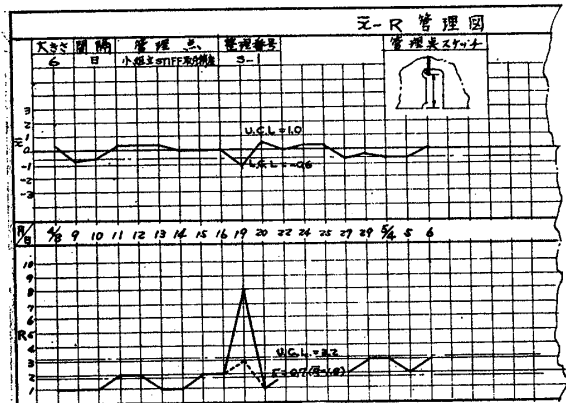
#### 4-4 統制の方法

現実に行なわれている作業の精度水準が、計画と合致しているかどうかを常時把握して統制することが必要であることは言うまでもない。船殻工事のような極めて多種の形状のものが流れる工程では、形状寸法に着目するよりは、むしろ同一作業方法を施す構造の集団を対象に管理図を作成する方がよいと判断したこの場合定常的に発生する項目を“定常管理点”とし、特定の船に現われるもので管理すべき点を“特定管理点”とした。しかし一般には定常管理点で取り上げ得る場合が多く、極めて稀に特定のものが発生する。今まで定常管理点として取り上げたもの、およびその管理図型式、標本数等を第 4-5 表、第 4-6 表に取りまとめた。

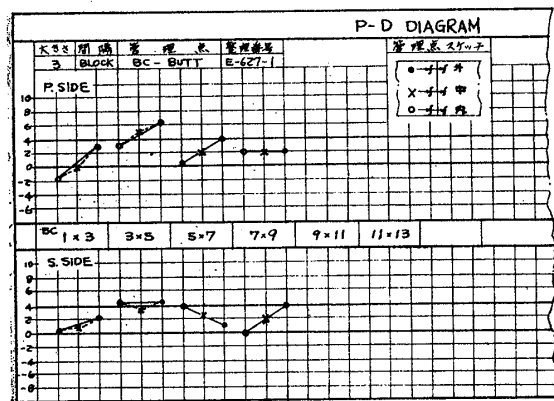
ここで特に搭載工程の主構 (Block 本体の Butt, Seam) の取合に関しては、単なる統計的手法のみでは現実には action が取りがたい。計画の段階の数字としては使用できたとしても、これから実際の姿を掴まえるものとしては不十分である。そこで各部の状況を直接に表示する方法として Position-Dimension Diagram を採用することとした。この具体例を第 4-6 図に示す。

このダイアグラムを用いるに当っては、各構成ブロックの直角度、寸法が必要な管理水準内にあることを前提としている。従ってあくまで第 4-5、6 表に示す項目が管理状態にあることを確認してからでないと、判断の資料としては不十分である。

第 4-5 図 X-R 管理図の一例



第 4-6 図 P-D DIAGRAM の一例



第 4-5 表

| STAGE   | 定 常 管 理 点     | 計測ピッチ | 計 測 数 | 基 準 $\sigma$ |
|---------|---------------|-------|-------|--------------|
| 現 図     | テ ー プ         | 週     | 20    | 0.4          |
|         | 紙 型           | 2 日   | 8     | 0.5          |
|         | ブ リ キ 型       | 2 日   | 8     | 0.4          |
|         | 木 型           | 2 日   | 8     | 0.5          |
| 製書及瓦斯切断 | フレームブレンダー切断板幅 | 日     | 8     | 0.4          |
|         | 〃 直線度         | 日     | 全 数   | —            |
|         | 仕上マーキン材 板長さ   | 日     | 全 数   | —            |
|         | 〃 主要マーキン線     | 日     | 全 数   | —            |
|         | 〃 直角度         | 日     | 全 数   | —            |
|         | ユニオンメルト開先角度   | 10 日  | 8     | 1°           |
|         | 曲板マーキン        | 日     | 8     | 0.8          |
|         | 曲板切断精度        | 日     | 8     | 0.8          |
|         | 形鋼マーキン        | 日     | 8     | 0.5          |
|         | 形鋼切断精度        | 日     | 8     | 0.8          |
|         | オートグラフ切断機板幅   | 日     | 8     | 1.0          |
|         | 〃 長さ          | 日     | 8     | 1.0          |
|         | 重ね切断材寸法       | ロット   | 6     | .07          |
|         | 〃 切平面直角度      | ロット   | 6     | 0.5          |
|         | 内部材切断精度       | 日     | 8     | 0.8          |
|         | 2 マーキン精度      | 日     | 6     | 0.7          |
|         | 3 〃           | 日     | 6     | 1.0          |
|         | 2 切断精度        | 日     | 6     | 0.7          |
|         | 3 〃           | 日     | 6     | 1.0          |
|         | 切断精度          | 日     | 8     | 1.5          |

第 4-6 表

| STAGE   | 定 常 管 理 点         | 計測ピッチ | 計 測 数 | 基 準 $\sigma$ |
|---------|-------------------|-------|-------|--------------|
| 小 組 立   | Stiff, 取付精度       | 日     | 6     | 0.7          |
|         | 歪 取 り             | 日     | 6     | 0.8          |
|         | Face Plate 取付精度   | 日     | 8     | 0.8          |
|         | 取 付 度             | 日     | 日     | 1/200        |
| 大 組 立   | 板 長 さ             | 2 日   | 8     | 1.4          |
|         | 板 幅               | 2 日   | 8     | 1.5          |
|         | 直角度 Diagonal の差)  | 2 日   | 8     | 1.2          |
|         | 差 越 寸 法           | 2 日   | 8     | 0.8          |
|         | LongL 端合せ         | 2 日   | 8     | 1.2          |
|         | Trans 端合せ         | 2 日   | 8     | 1.5          |
|         | Trough Piece 取付精度 | 2 日   | 6     | 1.5          |
|         | 曲外板 WEB 取付精度      | 2 日   | 6     | 5/1000       |
|         | 曲外板 板長さ(切断後)      | 3 日   | 4     | 1.5          |
|         | “ 板幅 ( “ )        | 3 日   | 4     | 1.5          |
|         | “ 差越 ( “ )        | 3 日   | 8     | 0.8          |
| 船 台 組 立 | 別記による             |       |       |              |

各ステージの取合部の最終工程となるものは、詳細に計測するだけの価値はない。結局誤差累積式の右边が管理されれば左辺は単に確認程度でよいことになる。問題は常に右辺の各項目である。唯計画の不良から、左辺の数字が計画されたものと喰違う場合を考えて、当金率、または切断率をサンプリングで確認する程度に止めている。

## 5 結 び

精度管理の実際効果は、管理者が現状の数字を見てそれを改善する手を打ってこそ始めて現われるものである。いろいろの統計的手法で表現される数字は管理者に対する警報ベルの役目をしてはくれるが、実際に打つ手を教えてはくれない。われわれは実際には作業する作業員の声を真剣にとりあげ、地についた作業改善を促進することに全力を注いでいる。人的要因の多い船殻工事においては、作業員層の精度管理に対する関心の度合いが大勢を決すると言っても過言ではない。

このような精度管理を促進することにより、従来伸しておいて現場切り合わせを余儀なくされていた個所のものを、内業仕上に変更することが可能になり、また現場取合部の開先の誤差が低減し、船殻工数の低減に寄与すると共に、船台期間の短縮をはかることができた。