◀ 資料 ▶

溶接工作における統計的
品質管理Statistical Quality Control in
Welding Fabrication

統計的品質管理の理論的考察*

田 中

守**

Theoretical study of Statistical Quality Control in
Welding Fabrication*

by Mamoru Tanaka**

1 統計的品質管理を溶接構造物の工作に導
入するための基本的考察

1.1 大量生産には歴史がある

われわれは、大量生産に関する管理技法を、数多くもっているが、溶接構造物の工作におけるような、個別受注生産工場に適した、管理技法を、数多くはもっていない。

前者は、今日の大量生産になるために、数多くの先人達が苦勞して、のこしていった研究のたまものなのである。現在の大量生産も、むかしはわれわれの個別生産とおなじく、1個づつ製品をつくりあげていた。しかもヤスリをつかってである。そういった状態のなかから今日の大量生産になるまで、単に統計的品質管理だけが開発されたのではない。生産システムも、品質管理とともに、かわってきているのである。このように考えると、統計的品質管理がもし導入されたとしても、ガタガタの機械の歯車1個だけを、精度のよいものにかえたとおなじように、個別生産ではそれほど効果が上がるとは考えられない。

そこで、もう少し大量生産の歴史をふりかえって、その歴史のなかから、教訓をよみとることにしよう。

大量生産というと、われわれがすぐ頭に浮かべるの

は、互換性のある部品をつかって、アッセンブリするようなラインである。

そのほかにも互換性を必要としない、単体をつくるものもあるが、ここでは溶接構造物が対象になるのだから、互換性を必要とする、大量生産について述べることにしよう¹⁾。

1808年、英国の造船所で大量の滑車を、海軍から受注した。

滑車はすべての枠と、すべての滑車輪が、正確におなじ寸法で仕上げられていて、どれかひとつの枠と滑車輪とをあわせても、かならず合うようになっていなければ、われわれが今日いっている“現場合わせ”という現象を生ずる。このようなことを解決するために、はじめて互換性という考えかたが導入された。そして機械を製造工程の各段階に応じて、いくつかの群にわけたのである。

互換性は分業を促進したのである。このころは互換性をうるために、より精密な加工機械の発明を促したり、より精密な測定法の研究がすすんだ。

やがて互換性は、単にひとつの製品とか、企業だけでなく、いろいろな企業に必要な、ネジ、機械部品の規格化ということをおしすすめることになった。

さて分業化は、加工ロットとか運搬ロットの概念を導入し、工場内における部品の流れ、機械負荷のバランス、といった問題をクローズアップすることになる、ひ

*原稿受付 昭和43年6月12日

**経営コンサルタント Management Consultant

とつのことが解決すると、そのかげにかくされていた問題が、あらわれてくるのである。

しかし、これらの問題を解決しなくては、せっかく互換性を手に入れても、互換性の効果をまるまる手に入れることはできないのである。

しばらくのあいだ、この互換性をともなう大量生産方式は、いろいろな製品に応用された。大量需要の関係から、まず兵器製作にとり入れられ、時計、マシンとつづいた。マシンは1850年代であったが、そのころになると、こういったタイプの大量生産方式は、まったく確立していたらしい。農業機械にも適用され、1880年代には、タイプライターに適用された。1890年代になると自動車に、そして、やがて1900年代になると、もう少し進んだ大量生産方式になった。

自動車のアッセンブリラインに、コンベアが登場してきたのである。

管理技術的な表現をすると、コンベアは、ロットの分割を可能にした。

まえの工程からつぎの工程の作業域へ、製品が1個づつ送られてくるのである。加工とか運搬のロットを、考える必要はない。このように生産システムが移りかわるにしたがって、標準化とか、単純化、そして専門化への道をますます歩くことになるのである。

フォードシステムでは、製品の標準化、部品の規格化、機械工具の専門化、作業の標準化、そして工場の専門化を計った。このようなシステムになると、互換性の悪い部品があらわれると、コンベアラインでは、細かくわかれた工程すべてに、手待ちを発生させることになる。品質に関する情報は、コンベアストップという非常事態をともなって、やってくるのである。

互換性は分業を生み、コンベアを導入したが、そういった生産システムは、逆に品質レベルに対する要求を、きびしいものにした。すなわち、大量生産方式は、部品の品質レベルが一定である、という条件のもとになりたっているのである。大量生産方式は、個別生産にある、潜在的なアイドルを、生産ラインのなかから追放したのである。

合わないものを合わせるのが、技術家の腕であると考えて、個々ばらばらに製品をつくらせていたのでは、このような効果は、あらわれてこないのである。

なお統計が、品質管理のための用具として、登場してくるのは、1920年代に入ってからであるが、そのことについては、あとで述べることにしよう。

1.2 統計的品質管理の導入にあたって考慮すべきこと

大量生産の歴史にあらわれてきた問題は、つぎの2つ

にわけることができる。

その1 互換性の問題

その2 生産システムの問題

個別受注生産においては、互換性といわれるものがない。そこで“互換性”というのは、それをつくりだす工程にとって、どのような意味をもっているかを、考えてみることにしよう。

部品に“互換性”をもたせるための寸法が与えられると、この工程では、寸法どおりのものをつくりだすように努力する。努力をする背景には、製造技術がある。この製造技術を管理することによって、ある一定の品質レベルを維持するのである。

製造技術ということになると、大量生産の工場はもちろん、個別受注生産工場にもあることになる。製造技術の無い工場は考えることができない。

製造技術の管理といっても、品質管理では予防的な機能を重視するから、あとでヤスリ掛けをしないでもよいように、寸法と精度とをある一定のレベルに保つのである。

このように考えてくると、“手直し”とか“不良”は、直接的に管理の対象になるが、誤作については別の管理が必要になる。むしろ ZD で取り扱う問題である。

予防的な意味で考えると、でき上がった製品の寸法を、個々別々に全部測定していたのでは意味がない。これは、むしろ検査であって、製品ができ上がる以前に、必要な寸法がえられるようになっていることが望ましいのである。

もう少し製造技術について述べておこう。

溶接構造物の工作というと、いろいろな対象製品がある。造船、製罐、車輛、産業機械、鉄構等々である。

それぞれの工場では、アッセンブリを行なうとき、部材を正確につくって、歪の少なくなるような施工法で、組立てを行なうところもあれば、造船所のように“基準線”をとおすようなアッセンブリもある。いずれにしても、最終的に構造物を、まとめるための技術なのである。

この技術は、物理的な条件とか、その工場の歴史的な背景によって、それぞれ異なっているはずである。個別生産工場では、このような技術が、作業長以下の手に握られていて、経験的に確立しているのがふつうである。科学的に、経済的にきめられたものではない。作業長以下では、科学的、経済的に技術の確立を計る権限は、与えられていないのがふつうである。

そこで、新工場のように物理的条件が変化すると、監督のせいばかりでなく、経験的に定められた製造技術では通用しなくなって、混乱をおこす原因になる。

もっと具体的な事柄を例にとろう。

たとえば、鋼板と鋼板とを、つぎ合わせ溶接しようとするとき、両方の板耳になる端面が、ぴったりくっついていて、隙間がない場合には溶接の条件だけで、縮みしろはきまってくる。しかも、条件さえおなじであれば、いつでもおなじだけの縮みしろがあるということを知っている。

この知識は、一般に数式化された model で表現される。物理学の text を開いてみると、一般化された model を発見するのは容易である。

たとえば、落体の法則の 1 つに、

$$h=1/2gt^2$$

がある。物体が落下する高さを、重力と時間で示しているものである。

このような model の世界のことを、われわれは pure science の世界であるといっている。

ところが、このような法則が成立つかどうかを、実験しようということになると容易なことではない。

おそらく

$$h=1/2gt^2$$

ということになるだろう。

溶接の縮みしろの場合でもおなじことである。理論式はあっても、かならずしも理論式どおりにはならない。しかも実験室ではなくて、工場で行なわれるのであるから、なおさら理論式どおりにはならない。

しかも control すべき条件が工場によって異なっている。それぞれの工場で設備も異なれば、作業者も異なるし、施工法も異なるからである。工場ごとに製造のための engineering が異なっているのは、あたりまえであるといえる。

このように考えてくると、製造技術というのは、pure science がなりたつために、条件を設定させる技術であるということができる。ところが工場であるから、製造技術のもうひとつの面である、経済性ということが重要になる。

経済的条件がなければ、いくらかでも条件をきびしく設定することができる。しかし条件をきびしく設定すればするほど、工作費はたかつくし、その逆になると、最終的な手直しが増加してくる。

溶接構造物では、assembly の途中で、板耳を切りなおしたり、溶接のビードを流してつけなおすことが多い。いわゆる手直しである。経済性ということから考えると、手直しが悪くない場合もある。

部材を突合せ溶接して、全体の長さが必要な長さになることが望ましいが、それでは、費用が高くなるときに、外側の耳を切断して、求める長さをだすこともあ

る。しかし品質管理では、費用が高くない施工法、治具、工具、あるいはもっと工程の源流にさかのぼって、あとで行なう手直しをはぶく研究をする。これが、shop floor における品質改善であって、品質管理の重要な分野である、予防機能を確立することのために行なわれるのである。

さて経済的に条件を設定するというが、設定の仕方および条件の維持ということが問題になる。

設定の仕方というのは、科学的でなくてはならない。

① assembly の基準はなにか。

② 各 stage ごとに基準からの誤差は、どれだけあるのか。

③ 基準からの誤差は、どれだけのコスト高になるのか。

④ 各工程の誤差のバランスをとるには、どのような改善を行なうか。

⑤ 基準の施工法が維持されるような管理システムを、design し実施する。

2 製造技術と統計学について

統計的品質管理について述べるのであるから、用具としての統計について述べておこう。

2.1 統計学の性格はなにか

簡単なことばで表現すると群の性格をとり扱う学問である。

10円銅貨を投げ上げて、表がでるか裏がでるかを、予測することにしよう。

正確な科学的情報（たとえば、投げ上げた力、方向、回転の速さ、風向き等々）が与えられないで、結果をいいてあてるとは困難である。われわれが長いあいだ訓練され教育されてきた、科学的といわれるものの考えかたは、適用することができなくなる。

表裏をいいあてるとということについては、大人も子供もまったくおなじである、ということができるだろう。ただ大人になると、10円銅貨を何回も投げると、その回数のうち、50%は表で、50%は裏がでるだろうといえる。

前者は、個々の事象を問題にするが、後者は、何回も繰り返えされた事象の集りを問題にするのである。すなわち完全な情報のもとでは、前者になるが、情報が不足すると後者にならざるをえない。個々の事象ではなくて、いろいろ可能な条件のもとで発生する、事象の集りとしての性格しかわからない。数学では群といい、絹計学では母集団という。

個々の事象でなく、群を問題にするのだから、群の性格が研究されている。しかも日常われわれの工場にあら

われてくる、popular な性格をもった群に対しては、相当細かなところまで研究されているのである。

測定値の散らばりと、各測定値があらわれてくる頻度とを、棒グラフで示すと、分布ができる。この分布が、正規分布であったり、ポアソン分布になると、それからさきの分布の取扱いが、完全に数学的とり扱いになるのである。

数学的とり扱いについては、あとで例がでてくるが、それよりもまえに、製造技術と統計学との関係を、もう少し述べておく必要があるだろう。

2.2 製造技術と統計学について

製造技術というのは、pure science がなりたつために、どれだけ条件を、満足させるかということであった。

図一1を例にとることにしよう。

図一1

溶接の縮みしろを一定にするために、管理すべき項目と、縮みしろに影響を与える割合とが示されている。グラフに示されている内容は、実際にあったものではない。グラフでは影響の割合が大きいものから、小さいものの順にかかっているものとしよう。積分曲線はこれら影響の割合を累加していったものである。品質管理では、このようなグラフを“パレート図表”と称している。

さて、縮みしろを一定に保つために、積分曲線で何%まどを要管理項目にするか、ということが engineering である。100%を管理下におけばよいのだが、それは2つのことがらによって不可能である。

第1に、この%を大きくすればするほど、費用が増大して、コマーシャル・ペースにのらなくなる。

第2に、物理的、化学的、精神的に、どうしても管理下におくことができないものがある。気温とか、作業者

の心理による影響などについて out of control である。

この out of control の対象になる unknown factor が、縮みしろに対してある影響を与える。それは、大きくあらわれることもあるし、小さくあらわれることもある。

unknown factor の影響がどうあらわれるかということとは、まえに述べた10円銅貨の表裏がどうあらわれるか、ということとまったくおなじであって、個々の事象についての科学的な情報を欠如しているのである。

管理下にあるものは、条件を変えると、はっきり結果が変わるけれど、この場合でも unknown factor が影響して、狙った結果をくわすことになる。

管理下におく factor が多ければ多いほど、unknown factor の影響が少なく、その逆であると影響が大きくなる。

さて、管理下におく factor の%を一定にしておいて、何回もおなじことを繰り返すと、unknown factor の影響が、大きくあらわれたり、小さくあらわれたりして、やがで影響する範囲を、明らかにしてくる。

図二

すなわち、狙った縮みしろを中心に、縮みしろの量が大きくあらわれたり、小さくあらわれるのである。

この分布の型が、正規分布になったり、その他の分布になる。ここまでくると統計学が、われわれに演繹的な道をひらいてくれる。狙った値が $\bar{x}$ であり、測定値のちらばりをあらわすものが、 σ で表現される。そして、 $\bar{x}$ から σ を単位にして、いくら離れていると、それ以上の値がでてくる確率がいくらか、ということも容易にわかる。 $\bar{x}$ が狙った値にちかくなればなるほど‘正確’であるという。また、ちらばり具合のことを‘精度’といったり‘誤差’というのである。この世界には、原因と結果という 1 対 1 の対応がない。あるのは‘平均’と‘ちらばりの範囲’と、測定値が‘範囲のなかに落ちる確率’だけである。

2.3 品質管理活動と統計学について

図一 3 は、軸受と軸との断面図である。

図一 3

軸受の径 d_1

軸の径 d_2

とすれば、

$$d_1 - d_2$$

が、きめられた寸法になれば、まえに述べた手直しは、不必要である。

実際には、軸受の径がすべて d_1 になったり、軸の径がすべて d_2 になるということは、不可能であることを、述べてきた。

すなわち、unknown factor があるからである。

ことわっておかねばならないが、軸受の種類が 1 種類であろうと、多種少量であろうと、それはかわらない。

1 種類である場合には、個々に d_1 を測定した値が、

$$d_1 \pm \text{誤差}$$

になるが、多種少量の場合は、

$$\text{測定値} - d_1 (\text{基準値}) = \pm \text{誤差}$$

であるから、この値を考えれば誤差の分布を考えることができるのである。 d_1 が大きいものであろうと、小さいものであろうと、絶対値が消えてしまうのである。すなわち、個別生産特有である、個々別々の管理という繁雑さから、われわれを救ってくれるのである。個別生産であっても、統計学は大量生産におけると同様に、有効

な管理のための用具になるのである。

さて、話をもともどすことにしよう。

統計学では、2 つの正規分布の和、あるいは差の分布は、やはり正規分布になるという定理がある。

1 つの正規分布; $N_1(\mu_1, \sigma_1)$

他の正規分布, $N_2(\mu_2, \sigma_2)$

とすると、求める正規分布は、

和のとき

$$N(\mu_1 + \mu_2, \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2})$$

差のとき

$$N(\mu_1 - \mu_2, \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2})$$

ただし μ : 平均値

σ : 標準偏差

以上の定理をつかって考ええることにしよう。

軸受および軸 (複数) は、unknown factor の影響で、つぎのような値をとる。

$$d_1 \pm \sigma_1$$

$$d_2 \pm \sigma_2$$

ここでは、クリアランスであるから、隙間の寸法はつぎのようになる。

$$(d_1 - d_2) \pm \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2}$$

この結果から、各部品の寸法と、組立てられたときの必要寸法との関係がわかる。

しかもこの関係は、軸の群および軸受の群を対象にしているのである。個々別々な製品であれば

$$\left. \begin{array}{l} \text{軸受 A の寸法} - \text{基準値} = \text{誤差} \\ \text{軸受 B の寸法} - \text{基準値} = \text{誤差} \\ \text{軸受 C の寸法} - \text{基準値} = \text{誤差} \\ \dots\dots\dots \\ \dots\dots\dots \end{array} \right\} \text{軸受の誤差の分布} \\ N(x_1, \sigma_1)$$

同様に、軸の場合は

$$N(x_2, \sigma_2)$$

軸受と軸とのクリアランスは、

$$N(x_1 - x_2, \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2})$$

になるのである。

個々別々な管理は大変であるから、軸受および軸の‘ある分類’されたものについて、クリアランスの分布をきめるのである。

さて部品と組立ての関係はわかったが、部品は部品である工程系列をとってつくられる。

部品が、最終工程で手直しを受けないですむためには、この部品の工程が管理されねばならない。

この場合にも、ききほどの定理が生かされる。

第 1 工程の影響は第 2 工程へ、さらにつぎの工程に……と影響を与えていく、

たとえば、溶接工作物における鋼板の場合

現図の寸法誤差は、鋼板に野書かれる部材のかたちに影響を与えるが、野書きには野書きの誤差があって、現図の誤差に付加される。つぎの工程であるガス切断の場合もおなじである。

そこで、各工程終了時の基準寸法からの誤差を求めただけでは、各工程個有の誤差はわからない。

第1工程後の誤差 σ_1

第2工程後の誤差 σ_2

.....

第 n 工程後の誤差 σ_n

とすると、

第 n 工程個有の誤差 $\sqrt{\sigma_n^2 - \sigma_{n-1}^2}$

.....

第2工程個有の誤差 $\sqrt{\sigma_2^2 - \sigma_1^2}$

第1工程個有の誤差 σ_1

で示される。

第 n 工程の誤差という表現をしているが、一般にこの値を“工程の能力”といっている。

“工程能力研究”には、いくつかの方法がある。

個々の測定値図表、ヒストグラム、管理図、その他の統計的手法がある。

さて工程能力の研究で、各工程の精度を求めると、仕上りにおける部品の精度および正確さが、正しいかどうかかわかる。ここに述べている‘正しさ’というのは、最終仕上り部品の寸法、精度をうるために、各工程での寸法、精度のバランスがとれているということである。もしどこかの工程でアンバランスが発生していると、この工程での品質改善が行なわれる。

図—4を例にとることにしよう。

図—4

現在要因、A、B、C、D までが管理されているとき、この工程での寸法値が $\bar{x}$ で示され、unknown factor のために、精度が σ であるとしよう。

$\bar{x}$ が正しい位置にあるかどうか。

σ が必要な精度になるために、なにが管理されなくてはならないか。

すなわち、要因分析が行なわれるのである。

図—1のように要因がすべてにわたってわかっているということは、現実の世界には少ない。

もし要因 E がわかり E を管理すると、このヒストグラムは①から②に変化して、求める値になる。

ヒストグラムの σ の値は、unknown factor がどれだけ少なくなるか、ということによってきまる。したがって、 $\bar{x}$ の位置も正確に近くなっていくのである。

このように述べてくると、非常に簡単なようだが、いま述べているのは、品質改善のプロセスについて簡潔に述べているのであって、実際はいろいろ困難なことがある。

要因分析のための工場実験をするとき、おなじ条件であっても、求める値は unknown factor のために、バラツキを生ずる。工場実験であるから、つぎに条件（上の例ではEをコントロールする）を変える。その測定値も個々に見ると、みな異なっているのである。

前者の値が唯一で、後者の値もただ1つである場合は、結果は簡単で前者、後者の差がはっきりする。しかも求めた測定値の個数（サンプル数）は、無限でなく有限である。

たとえば

条件 A のときの測定値

20, 31, 18, 23, 23, 28, 23, 27, 26, 12, 17, 25, 26

条件 B のときの測定値

19, 30, 32, 28, 15, 26, 35, 18, 25, 27, 35, ふううはデーターを各100個ぐらい取って比較すると、異なっていることがわかる。

図—5

ところが、上の例のように少数のサンプルを使って、工程に影響を与える条件の度合を調べようとするとき、個々の値を比較するだけではわからない。

こういったとき、統計学が有効な働きをする。

統計学では、まえに上げた例の属する分野のことを、大標本論といって、測定値が多くあった場合のときである。この分野は、数理統計学のなかで記述統計学ともいわれる。多数のサンプルを使って、分布関数を求めたり、その理論を研究するのである。

図-6

図-7

(言葉の説明)

母集団：実験を無限に繰り返した時の無限の計測値の集りのことである。

任意標本：Random に選出された有限個の値である。この個数のことを標本の大きさという。

母数：母集団の分布を規定する諸常数……例えば平均、分散、相関係数……等を母数 (Parameter) という。一般に母平均、母分散……と呼んでいる。標本の場合は、標本平均、標本分散と称している。これは母数とは本質的に異ったものである。

統計量：一般に母集団から任意に抽出された大きさのさまつた標本の数量の関数を統計量といい、母数と区別する。一般に統計量の分布を標本分布という。

期待値：統計的変数の関数の期待値 (expected value) とは、その平均値のことである。

例えば、無限母集団が正規分布であるような群の中から任意に選んだ標本平均の期待値というのは、母集団の平均値と同じである。

これに対して、あとで述べた分野のことを、小標本論というが、それは別に推測統計学、または推計学といわれる分野であって、最近30~40年ぐらいのあいだに、発達した分野で、記述統計学のおよび得なかったことを研究して、近代数理統計学の主流をなしている。

この推計学というのは、ある分布 (母集団) から得られた小数のサンプルが、どのような分布をするか、ということから、母集団とサンプルのつくる標本分布との関係を研究しているのである。

統計的品質管理が工場に持込まれたのは、1924年、Walter A. Shewhaat によるといわれているが、かれの研究 "Economic Control of the Qualito of Manufactured Production" (1931年発行) は、もっと以前に発表された論文に刺激されたものである。1931年よりまえ、ウエスタンエレクトリック社のホーソン工場にいた、ジュランに代表されるエンジニアたちが '最小の検査結果から、最大の情報をうるができる' ことに大きな関心をもった。

かれらの研究は、1929年 Bell System Technical Journal に "A Method of Sampling Inspection" という見出しで、Dodge と Roming によって発表されている²⁾。

getting the maximum amount of information from a minimum amount of inspection data.'

ということは、管理者にとって、注目すべきことがらである。

そこで、われわれは統計学の理論にしたがって、サンプルから、母集団の母数 (図-7 参照) を推定したり、あるいは、うえの例の場合には、

条件を変えて行なわれたそれぞれの測定値が、おなじ母集団に属しているかどうかを検定するのである。測定値と値とを、比較するのではなくて、測定値が属している母集団、すなわち、求める品質をつくだす工程の能力を比較しているのである。

さて、品質改善は一般に工場実験を行なうが、溶接構造物の工作に関しては、最初そうむづかしい統計的手法を使う必要はない。単に工程能力だけの調査をしても、相当な効果が上るはずである。

2.4 統計学は統制の用具になる。

各工程の品質レベルがきまったならば、すなわち $\bar{x}$ と σ がきまったならば、これを維持しなくてはならない。

このために統計がつかわれる、そのひとつに管理図がある。管理図については、あまりにもしれわたっているので、ここでは割受することにしよう。

3 統計的品質管理と効果について

統計的品質管理を導入しても、それだけでは効果がでないということは、歴史の示すところである。

図—8

図—9 生産形態

生産形態が大量生産方式になるほど、品質管理の効果を発揮するし、また品質管理が大量生産方式を支えているといってもよいだろう。個別生産の形態は、この大量生産方式にくらべると、はるかに効率が悪い。

前者は、個々別々の製品を個々別々につくるのに対し、後者は製品全体を効率よくつくろうとする。個々別々の製品を、個々別々につくっていたのでは、工場のなかにいろいろな手待ちが生じたり、行なわなければならない仕事、一時に発生することになる。大量生産方式の1つであるコンベア作業では、各工程の負荷のバランスがとってある。もっと工場全体を考えると、man, machine, material のあいだに統合されたシステムがある。1つの工程を考えると、与えられた作業時間が経過すると、つぎの材料が送り込まれてくる。作業者は与えられた場所と与えられた時間と、作業時間が一定になるような品質をもった材料で、作業を行なうのである。

品質だけ一定な材料がきても、負荷のバランス、ものの流れ、あるいは他の工程と共用する汎用機械をつかって、作業をすると、多くのアイドルをだして、品質管理の効果がそれほどあらわれてこないのである。それでは個別生産に、どのようなシステムをもちこむと効果を発揮するのであろうか。

統計的品質管理の導入を、大量生産からしたように、生産システムも大量生産の形態から発展させることにしよう³⁾。

3.1 流れ作業について

図—10参照

x 軸：工程ナンバー

y 軸：1個あたり作業時間

いま ① 工程に必要な製品1個あたりの加工時間を x_i とすると、

$$\bar{x}_1 = \bar{x}_2 = \dots = \bar{x}_i = \dots = \bar{x}_n$$

とすることを、ラインバランスをとるという。

各工程の作業時間はバラックから、

バラッキを σ_i とする。

各工程の作業時間は

$$\bar{x}_i \pm 3\sigma_i$$

となる。

そこで、バラッキを吸収するために

$$\frac{3\sqrt{\sigma_{i-1}^2 + \sigma_i^2}}{\bar{x}_i}$$

を求めて、端数を切り上げた整数個だけ、仕掛りをおくのである。

図-10 流れ作業

しかし、いつでも仕掛りがおけるとはかぎらない。特に溶接構造物が大きくなったときである。仕掛りのために、工場のほとんどがつかわれることになると、設備投資の効率が悪くなる。仕掛りが無いものを“TACT system”といっている。もちろんその他に、なるべく同種の作業を同一工程に集めるのである。これを質の分業という。上に述べてきたことは、量の分業である。

3.2 汎用設備を共通に使う

図-11参照

図-11

x 軸および y 軸は図-10とおなじである。

第①工程と第③工程はおなじクレーン

第③工程と第④工程はおなじ場所

第⑥工程と第⑦工程はおなじ加工機械

としよう。

図-11のように矢印で示される位置に、それぞれの時間をつけ加えると、この工程系列を製品が1単位通過したときに、

①には クレーン時間

④には おなじ場所が使用される時間

⑦には おなじ加工機械の使用時間

①, ②, ③, ④, ⑤, ⑥, ⑦には各工程の時間が示されている。

すなわち、この図は生産する側のクレーンであるとか、場所であるとかいったものの時間が示されている。

この図によると、①と③を処理するクレーン時間で、製品1個ができることになる。ただし作業場所については、ふつう工程の数だけ必要である。たとえば、作業がおわってクレーンをよぶと、作業時間にクレーン時間が加わることになる。すなわち作業とクレーン作業が、シ

リーズにつながることになる。作業とクレーン作業が、平行に行なわれるのであれば、作業がおわって製品を、おいておくことが必要である。

3.3 コンベアはなくても TACT system の導入は計かれる。

コンベア作業は、人がうごかないで、製品がうごくのである。

逆に、人がうごいて製品が止まっても、人と製品との相対的關係はまったくおなじである。

図-12をみれば、人と場所との関係が、時間の経過にしたがって変化している。場所は工程の数だけあればよい。

図-12

さてここでもう少し考察しておかねばならないのは、場所が工程数だけない場合である。

溶接構造物の工作には、このような例が多い。組立てはおなじ場所で行なっているから、工程の数と場所の数についての考慮が、払われていないのがふつうである。そういうときには工程数を減らして、作業者を多能工化するしかない。多能工というのは、とき場合によっては必要だが、本来、分業から専門化という歴史的な過程から考えると、それほど効果のあるものではない。かならず止むを得ない条件がついて回っている。

3.4 work unit をきめる

流れ作業およびその応用について述べてきたが、それでも TACT system にはならない。おなじ製品でないからである。そこで考えかたを変えて、各工程がおなじ仕事量ならば、TACT system を導入することができることに注目しよう。

製品でなく、製品を組立てたりするとき、もつともベ

図-13

ースになる仕事の単位 (work unit) きめて、work unit をおなじだけ集める。という方法をとるのである。

鋼板の切断ならば、板の枚数とか、1枚の板に入っているピースの数である。あるいは、同質の仕事で時間値の異なるものを、ある標準値に換算するのである。換算の仕方は、時間一物量のグラフにプロットして、回帰直

線からはずれるものに、ある一定の係数をかけて、回帰直線上にプロットした点を移動するのである。

さて、そうやっても各工程の仕事量が、一定しないときには、われわれがふつうやっている余力調整とか、ある工事の日程的な先行という手をつかうのである。ともかく、一定期間とか一定時間に工程ごとの作業がおわらなくては、system に狂いを生ずる。

生産システムは、一定の期間を中心に、いろいろな生産手段の歯車がかみ合っまわっていることに注目する必要がある。

文 献

- 1) S. リリー (訳者 小林秋男, 伊藤新一): 人類と機械の歴史, 岩波新書
- 2) Edited by Carl Heyel: The Encyclopedia of Management, Reinhold Publishing Corporation
- 3) 田中 守: 個別生産工場の効率化, 産業能率短期大学, 昭和42年
- 4) 田中 守: IE の方法, 白桃書房, 昭和38年

溶接構造物の製作における精度管理の実際*

山 本 登** 栗 岡 辰 己**

The Practice of Quality Control on Welding Construction*

by Noboru Yamamoto** and Tatsumi Kurioka**

1. ま え が き

一般に、工作機械、鉄道車輛、造船といった業種は、自動車、鉄鋼などの業種にくらべて、付加価値生産性が低い。

このちがいをいちがいに生産形態のちがいであるということではできないが、プロセス生産、大量生産、個別生産といった生産形態のパターンに分類してみると、その形態の差が生産性の上に大きな影響を与えていることが明らかにされる。

すなわちプロセス生産、大量生産、個別生産の順に生産性が低くなっている。

しかし、製品と生産形態の関係は時代の変化とともに生産量、販売方法など各種の要因が変化するので固定して結びつけることはできない。

たとえば、業種別付加価値生産性を時系列にしたがっ

てながめると、各業種とも生産は増加しており、その増加に対応するとく個別生産は大量生産にちかづき、大量生産はプロセス生産の形態にちかづいている。そのように時代の推移にともなって、その製品に対する最適の生産形態は変化し得るものである。ゆえに、新しい時代に適さなくなった生産形態は、もっと進んだ形態へと、絶えず転換されなければならない。この転換のタイミングが企業の生命を左右する。

最近管理技術の普及はめざましいが、これらの普及の理由が生産性を高めるためにあることはいうまでもない。また、企業の体質改善という言葉がさかんに使われている。この言葉は生産工業では、生産形態を変革することを意味している。

しかし、これらの変革は、時代の流れにのって自然に変遷するという性格のものでなく、生産性向上をねらって技術革新的努力の積み上げによって人為的に達成されるものである。このような要請から管理技術の発達が促されたと解釈することもできる。

近年、少種多量生産工場が流れ作業システムからオー

* 原稿受付 昭和43年5月28日

** 正 員 川崎重工 K.K. 造船事業部 Member, Kawasaki Dockyard Co. Ltd