

講 座

UDC 519.2 : 658.562

土 木 推 計 学 VI

品 質 管 理 の 方 法

正員 工学博士 丸 安 隆 和*
正員 水 野 俊 一**

1. 前 が き

近年、推計学に対する関心が深まり、それとともに、工場における品質管理に統計学的方法がさかんに用いられるようになってきた。品物を大量に生産するに際して、同じものを造ろうと思つても完全に同一なものを造ることはできるものではない。同一と思われる原料を用い、同一と思われる作業工程によつて生産された製品の品質にも、ある程度の変動をともなうものである。この変動をどの程度に収めるようにするかは、製品に対する要請、すなわち、製品の品質は少なくともこの範囲にあることが必要であるという品質の規格によつてまず制約をうける。品質の変動の範囲が狭ければ狭いほどよいことは当然であるが、それによつて費用、労力等の負担が増大することになれば、どの程度にこの品質と費用とを調整するか、経済的な面から検討することも必要となる。いま、大量生産を行つている工場があり、この工場の製品は規格に合格しているとする。この大量生産に品質管理を行い工程を変えることによりある程度費用が増大するが、品質の変動が減少するとき、品質の下限が規格に合格する範囲で平均品質を低下させることにより原料の節約ができるならば、品質管理を行うことによつて経済的にプラスになることも多いであろう。また一方、品質が均一になることによつて、不良品がでることが少なくより、検査も簡単になり、その製品の信頼性が増し、研究の合理化を図ることができて品質が向上する等、有形無形の利益を得ることが期待できよう。

品質管理を土木関係に活用する必要が認められるのは、何よりもまず、コンクリートの現場であろう。品質の変動のはげしい、しかも大量に生産される現場コンクリートの管理は、優秀な技術者と合理的な管理方式によつて、速やかに着手されねばならないものと思

われる。最近、この問題に一般の関心が深められてきているのは喜ばしいことであるが、すべての現場がその能力に応じて信頼できるコンクリートを造ることができるよう、広範囲な研究がなされることを切望している。

2. 品質管理の概要

一般に、製品の品質の変動の要因と考えられる主なものには次のようなものがある。

- (1) 原料によるもの
- (2) 作業工程によるもの
 - a) 作業方法によるもの
 - b) 作業員によるもの
 - c) 機械によるもの
- (3) 試験の誤差

以上のような要因が独立に、あるいは相互に関連をもつて品質の変動に影響を及ぼしているのであつて、管理を行う者は、これらの要因がどのくらいの大きさのものであり、また、最終品質にどのくらいの影響を与えるものであるかを知つておく必要がある。偶然性と必然性が相互に入り交つている製品の品質の変動から、必然性を引き出すことは技術者の重要な務めであり、これなくしては複雑、変動に富む生産の現実には眩惑されて、十分な管理を行うことは不可能であろう。このためには、推計学の特徴が最も顕著に現われている実験計画法が効力を発揮するのである。

製品品質の変動が偶然によるもののみとなり、明らかな原因による大きな変動を除去してしまえば、変動が安定化して統計的取扱いを受けることができるようになる。このような状態を統計的管理状態といい、この状態を数量的に表わす一つの目安として管理水準というものを設け、普通、製品品質の特性値の代表値として平均値を、特性値の拡がりとしては標準偏差が用いられている。

それでは、実際に大量生産に品質管理を行うにはどのようなことをするかと云うと、大別すると次の3段

* 東京大学教授、生産技術研究所

** " 助手, " "

階にわかれる。すなわち、第1段階としては標準化であり、原料、作業工程、検査の全般にわたって精密な標準(規格)をはつきりと決めることである。これによつて、生産を行うにあつてのよりどころが決まるのであるが、この標準は決して固定不変なものではなく、絶えざる研究によつて改められていくべきものである。第2段階は、この標準化された原料と工程によつて行う生産であり、第3段階は、この生産と平行して行われる検査である。製品が果して期待どおりの品質をもっているかどうかを調べるには、抜取検査をすることが必要である。造られた製品のすべてを検査すれば、その品質の変動を最も正確に知ることができるが、一般には全数検査を行うことができないので、標本を適当な方法で抜き取り、その標本を検査して、その結果から全製品の品質を推定するのである。標本を抜取るに当つては、その標本が全製品(母集団)の代表とみなされるようにすることが必要である。誤つた抽出法により母集団とは偏つた標本を抜取つて検査したり、検査結果から古典的な統計により結論を導いたりすれば、正しい推定をすることができないであろう。また一方、標本を検査するのに試験の誤差をとまなう場合には、その誤差の大きさがどのくらいであるか、あらかじめ調べておかなければならない。さもなければ、検査結果から品質変動を正確に推定することができない。

つぎに、抽出した標本を試験した結果から、現在行われている生産が果して統計的管理状態にあるか否かを検定するのであるが、いま、この標本が管理状態にある仕切りから抜きとつた標本であるという確率が、例えば0.1%以下であるという結論、すなわち、この仕切りの製品を造つた生産は、あらかじめ定めておいた有意水準(例えば0.1%)のもとでは統計的管理状態にあつたとは認めにくいという検定結果になれば製品の品質に大きな変動を及ぼした異常な原因があると考え、この原因究明のため技術的な活動を始めなければならぬ。以上のことは、製品の品質が管理下限より低下した場合には当然あてはまるのであるが、同時にまた、管理上限を越した場合にも適用されるのである。何となれば、標準の原料、工程によつても、なお、上限を越すような製品ができるのならば、この標準は当然改訂することができるはずであり、ここに、技術的検討と研究をする必要があるとともに、品質向上、すなわち、管理水準の高まりを図るべきであるからである。

3. 品質管理の方法

品質管理というのは前述のように、製品の品質の均

一性を保持し、かつ、統計的方法により研究を合理化して品質を向上せしめるのが目的である。それゆえ、品質管理に入る第1段階として標準化を行う必要がある。そのためにはまず、現在行われている生産について、(1) 原材料の品質がどのような変動をなしているか、この変動を少なくし安定化するにはどのような処置を講ずればよいか、(2) 作業工程が均一な製品を得るのに適当であるか、すなわち、作業の不同を減ずるため、人力を機械化する必要はないか、自動計測を行うが、その保全は充分であるか、また作業環境は良好であるか、(3) 検査に用いる器械は充分な機能を有しているか、検査の基準をどのようにすべきか、等について検討を行う。以上の検討を行つて不十分な点を改めると、品質の変動は安定化して偶然変動のみが残るので、製品の品質の分布が正規分布と考えられる型をなしているか否か検討を行う。これは初めのうちはデータの不足から検定できないので、正規分布と仮定して管理を行つてもよいが、検査の回数が増し、検定した結果正規型でないということになつた場合には、原料及び作業工程に異常な変動を生ぜしめる原因がないかどうか検討する必要がある。そして、その原因がわからないときには、正規型に近くなるように変数変換を行う方が統計的操作の上で便利である。しかし、現場ではあまり面倒な計算は不向きであるから、近似が許される範囲で簡単な取扱いをすることも必要であらう。

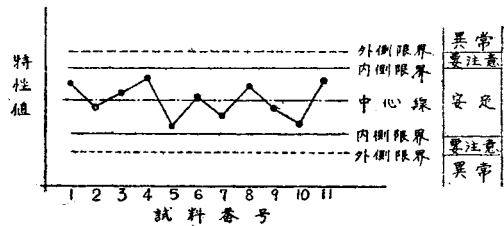
つぎに、上記の標準化ができると、あるいは標準化を行いながら管理を行うのであるが、管理すべき品質をまず決めなければならない。この品質は統計的取扱いをする上から、数量的に表わすことができるもので、試験が困難でなく、またその管理を最も望むものにすべきである。そして、標準化された原料と作業工程によつて生産された製品が、果して期待している品質を有しているか、また、その品質がどのくらいの変動をしているかを検査するには抜取検査方式によればよいが、複雑微妙、一刻の猶予も許されない生産現場の実情の下では迅速かつ簡潔な方法が望ましい。試験する標本の大きさも、品質の変動の大きさと試験の精度、統計的検定を行う場合の危険率並びに試験の能力を考慮して決めることが必要で、普通一定数に決めておくことが多く、逐次抜取検査方式は用いられない。これらの標本を抽出するには、全製品を原料、作業等の条件からその中では大体均一と思われる仕切りにわけ、この仕切りを母集団と考えてその中から任意抽出法によつて標本を抽出するのである。仕切りにおけるには、例えば機械別とか1日区切り等各種要因によつてわけ、

統計的検定によつてわかる必要が認められなければそれらをまとめてもよい、任意抽出を行うにあつては乱数表を使うのが望ましく、仕切りの大きさが大きくなければ系統抽出法も用いられる。また、希望する場所で標本を採ることが困難で、採取容易な場所で採る場合には、それらの場所での品質の相関分析を行つて、はつきりした認識を得ておくことが必要で、この点をゆるがせにすると誤つた結果を招くおそれがある。

つぎに、これらの抽出された標本を試験した結果に統計的処理を施すのであるが、対称とする統計量には平均と分散を用い、計算の手数をはぶくときには中央値、範囲も用いられる。処理の方法も厳密よりはむしろ拙速を尊ぶ意味から、統計的仮説検定法によつて統計量の確率を逐一有意水準にてらして検査していく煩雑な方法を用いず、その代りに管理限界なるものを設け、これを図式によつて表わす管理図が用いられるのである。管理図とは、横軸に各組の標本の番号をとり、縦軸に標本の特性値（例えば強度を問題としているとき、各組の平均強度など）をとつて、標本が試験されるたびに打点されたもので、品質の時間的な変動が明瞭になり、図上に引かれてある管理限界線により、生産過程の異常な状態をただちに発見しやすいようになつてゐる。その管理限界の決め方は、前に述べたように、品質の変動というものゝ偶然的な変動と必然的な変動とに大別されるので、品質を管理するに当つては必然的な変動を検出して技術的な行動を起すのであるから、これら2種の変動をわけような位置に引かねばならない。従つて上限と下限との巾が広すぎると故障の検出ができなくなり、狭すぎると異常がないにもかかわらず標本の変動のために異常があると決められる危険率が大きくなり、また故障に対し慢性になつてしまうので、適当な巾にすることが大切である。この意味から2種類の管理限界を設け、上記の危険率の大きい方を内側限界（危険率 $\alpha=0.025$ すなわち 2σ 限界）小さい方を外側限界（ $\alpha=0.0001$ すなわち 3σ ）として、両限界の中間区域を要注意区域（要警戒区域）と考える場合がある。このとき、要注意区域に入れば注意して監視し、外側限界を越せばただちに技術的行動を始めるようにするのである。

管理限界内に点が分布しているときには、安定した管理された生産が行われていると一応考えられるが、しかし、打点の分布状況に注意することが必要である。すなわち、中心線の上下に大体同数、交互に分布しているときは安定していると考えてよいが、点の位置が次第に上あるいは下に移動してゆく場合とか、中心線の同じ側に点が連続して現われるような場合に

図-1



は、連の理論に基づいてこの現象が果して偶然によつたものか、あるいはそうなる特別な原因があると予想されるのかを検定して、偶然には生じにくいものであることがわかれば、その原因を追求することが必要である。また、場合によつては管理限界の修正を要することもあるであろう。

つぎに管理限界の計算法の概略を述べる。この計算に当つては製品の特性値の分布がわかっているか否か、すなわち、母数が既知か未知か、あるいは信頼限界法によるか棄却限界法の立場をとるかによつて計算法が異なつてくる。

1) 母数が既知の場合 工場の過去の長期にわたる充分安定した生産状態の統計から、製品の品質の分布（母集団の分布）がわかっている場合の管理限界の求め方を示そう。

母集団の分布が正規型であり、母平均 m と母分散 σ^2 が与えられているときに、 n 個の標本 x_1, x_2, \dots, x_n の標本平均値 $\bar{x} \equiv \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$ の管理限界は $m \pm A\sigma$ である。但し、 A は限度係数と云う。標本標準偏差 $S \equiv \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$ の管理限界は、上限 $B_2\sigma$ 、下限 $B_1\sigma$ 、中心線 $b_2\sigma$ である。次に、標本の最大値 L と最小値 S との差、すなわち、範囲 $R \equiv L - S$ の管理限界は、上限 $D_2\sigma$ 、下限 $D_1\sigma$ 、中心線 $d_2\sigma$ である。また、最大値、最小値の管理限界は $m \pm C_3\sigma$ である。

つぎに、分散の代りに範囲 \bar{R} が与えられている場合は、平均値の管理限界は $m \pm \bar{R} \cdot A'$ 、標準偏差の管理限界は、上限 $\bar{R} \cdot B_2'$ 、下限 $\bar{R} \cdot B_1'$ 、中心線 $\bar{R} \cdot b_2'$ である。また、最大値、最小値の管理限界は $m \pm C_3' \bar{R}$ である。

このようにして管理限界を容易に求めることができるが、限度係数の値は種々の書物にていっているのでそれを参考にされたい。

以上は、統計量が計量的なもの、例えば長さとか強度とかである場合についてのべたが、統計量が計数的なもの、すなわち、製品の不良率が何%であるというような場合も不良率の限界を求めることができる。計算法は省略するが文献²⁾を参考にされたい。

2) 母数が未知の場合

a) 信頼限界法：母集団の分布がわかっているとき、その母集団からの標本は $(1-\alpha)$ の確率でこの範囲にあるはずであるというのが、信頼限界法によつて管理限界を求めるときの考え方であるから、母数が未知の場合に近似的に信頼限界法を用いるには、未知母数を推定して、1)の方法をそのまま使えばよい。この方法は、生産が充分安定している大量生産方式の場合に適用すべきもので、これから品質管理を行うような場合には不適当ではないかと思う。未知母数を推定する方法は文献³⁾を参考にされたい。

b) 棄却限界法：我々の造つたものがある決められた分布（母平均 m 、母分散 σ^2 ）をなす仕切りに属するかどうかを検定する方法である前述の信頼限界法は、アメリカ、イギリスでは専ら用いられているが、これとは別に、我々の造つた仕切りがこれまでに造つてきた仕切りと同じ品質をもつと云えるかどうかを検定してゆくのが棄却限界法である。この方法によつて、まず分散の管理限界を求めよう。大きさ n の標本の過去の m 組の試験結果から、その不偏分散

$$u_0^2 = \frac{1}{mn-1} \sum_{i=1}^{mn} (x_0 - \bar{x})^2$$

を求め、これと問題としている仕切りの大きさ n の標本の不偏分散 $u^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x - \bar{x})^2$ とを比較するのである。問題としている仕切りが、これまでに造つてきた仕切りと同じ品質をもっているにもかかわらず異なるとする危険率を α とすると、

上限は $u^2 = u_0^2 F_{mn-1}^{n-1}(\alpha)$ 、下限は $u^2 = u_0^2 / F_{mn-1}^{mn-1}(\alpha)$ である。

但し $F_{mn-1}^{n-1}(\alpha)$ は F 分布において自由度 $n_1 = mn - 1$ 、 $n_2 = n - 1$ $P\{F > F_0\} = \alpha$ なる F_0 の値である。ここで u_0^2 を求めるに当つては、少なくとも 20 個以上の試験結果を基にすることが必要である。つぎに、平均値の管理限界は標本が 1 個のときは過去の N 個の試験結果から $\bar{x}_0 \equiv \sum x/N$ 、 $u_0^2 \equiv \frac{1}{N-1} \sum (x - \bar{x}_0)^2$ を求めると限界は $\bar{x}_0 \pm u_0 \sqrt{\frac{N+1}{N} \cdot F_{N-1}^1(\alpha)}$ 標本の大きさが n 個でその平均値を管理するときは、

$$\bar{x}_0 \pm u_0 \sqrt{\frac{n+N}{nN} \cdot F_{N-1}^1(\alpha)}$$

である。このようにして管理限界を求めることができる。なお文献⁴⁾を参照されたい。

4. コンクリートの品質管理

コンクリートの品質管理、特に、いま圧縮強度の管理について考えてみよう。一般に、製品の品質に変動を及ぼす主な要因としては、前に述べたように、原料によるもの、作業工程によるものがあり、さらに、試験の誤差も考慮にいれなければならない。それで、コン

クリート工事においては、あらかじめ使用原料であるセメント、水、細骨材、A E 剤を種々の方法で試験して決定し、その品質の変動がなるべく少なくなるように管理していくことが必要である。次に、コンクリートの作業工程としては、原料の集積、貯蔵、運搬、計量、混合、コンクリートの運搬、打ち込み、養生等があり、これらの工程の変動のコンクリートの最終品質に及ぼす影響を数量的に明らかにしておくことが大切である。

(1) 原料 セメントについては、同一会社、同一工場の製品でも、その品質に変動が認められるものである。それゆえ、同一会社のセメントにおいてもある量ごとに試料を抜取つて強度試験を行い、品質の変動を調べることが必要である。そして、そのセメントを使用したときに、他の原料および工程に変動がない場合、できるコンクリートの強度にどのくらいの変動があるかを調べるのである。この際、特に注意すべきことは試料の採取法についてである。すなわち、いま、セメント 400 袋ごとに試験する場合、ある 1 袋を用いてセメントの中からセメントを取つて所要量の試料をとる場合と、80 袋ごとに 1 袋を選び各袋から試料をほぼ等量とりだし、これを 4 分法で縮減して所要量にする場合とでは、試験結果に差があることは推測されるのである。さらに、セメントの品質の変動がコンクリートの品質に及ぼす影響を問題とする場合には、使用するミキサーのバッチに必要なセメント量が 4 袋であるときと袋であるときとは、当然区別して考えることが必要であつて、セメント 4 袋及び 2 袋を一緒にしたときの平均の品質を問題とすることを忘れてはならない。セメントの試験をする場合には、このような点にも注意を払わなければ、得られた結果をそのまま信用すると誤まつた結論を導くことになるであろう。

次に、骨材については、管理すべき主な品質は粒度と表面水であろう。粒度の変動を減ずるためには、骨材を粒度によつて多くの群にわけて貯え、これを適当に混合すればよい。しかし、いろいろの点から群の数には限度があり、また経済上からみても、強度を問題とするとき、工程を簡略にしてコンクリートの強度の変動が大きくなつても、セメントの使用量を増加してこれを補つた方がよい場合もあり、適当な群の数を決めることが必要である。各群の中においても、集積、取出し、運搬法を適切に行うことにより分離を防がなければならぬ。そして、そのような工程を経た骨材の粒度がどのように変動しているかを明らかにしておく必要がある。一方、骨材の表面水量は粒度とも関係があるが、雨水等のために大なる変動が生じないよう

な措置を行えば好都合である。水量の変動はコンクリートの品質に重要な影響を及ぼすものであるから、計量器に入る骨材の表面水量を、ミキサーからでてくるコンクリートのコンシステンシーとともに監視し、再表面水量の測定をすることが大切である。

(2) 作業工程 原料の計量は、大規模なプラントで精密な器械を使用している場合は比較的正確に行われるが、それでもなおいくらかの誤差が含まれるので、実際にどのくらい変動するか自記記録を調べ、自記装置のない場合は実際に秤の分銅を動かして測定することが必要である。自動計量装置でも相当な誤差が含まれる場合があり注意を要する。また、計量器は時々検査して指示どおりの計量が行われているかどうか検査することも大切である。また、器械の構造によつては、計量された原料例えば、セメントがミキサーに入る途中の通路に一部分滞り、実際のコンクリートの配合に大きな変動を及ぼす場合もあるので注意を要する。なお、小規模な工事では原料を容積で計量する場合も多いが、その場合は計量誤差がなるべく少なくなるような構造の容器にし、骨材の表面水により膨みを考慮するとともに、計量誤差がどの程度あるかあらかじめ試験し、変動が減少するように注意を払うことが必要である。AE剤を計量するディスペンサーも時々検査しなければならない。

次に混合については、ミキサーの性能試験の結果決められた混合時間を厳守することが大切で、性能試験をせずに、示方書に決められている最小混合時間で作業するのは危険なことである。日本ではミキサーの性能試験を行う現場が少ないのが現状なので特に注意を要する。

コンクリートの圧縮強度を問題とする場合には圧縮強度試験を行い、その結果に基づいて調整するが、強度試験は早くても数日後でなければ結果がわからない。それ故、強度と密接な関係にある測定の容易な他の特性値があればそれを用いればよい。この特性値としては、モルタルの単位重量、スランプ、水セメント比等が考えられるが、これらよりもつと有効な特性値の研究が望ましい。圧縮強度試験はその結果がただちにはわからないので特性値として満足なものではないが、実際のコンクリートの品質を測定し、打つたコンクリート全体の状況を推定する根拠を与えるとともに、今後の作業を改良する参考となり、あわせて斯界にデータを供給し将来の発展に資する上からも重要なものであるから必ず行うようにしなければならない。

なお、コンクリートの運搬、打ち込みにおいては、分離がなるべく少なくなるように注意し、分離の程度

を調べるには試料をとつてきて、単位重量、スランプ、供試体を作つてその強度試験によるのがよいと思われる。コンクリートの養生については、適正な養生が行われているかどうか監視するとともに、記録をとつていくことが必要である。

(3) 試験 一般に試験には誤差をとまうものである。ことに、現場コンクリートの管理に欠くことのできない強度試験においては、優れた技術と整備された設備によらなければ相当な試験誤差をとまうものである。いま、ミキサーから排出されるコンクリートの強度を管理する場合について考えよう。1バッチのミキサーから大量にでてくるコンクリートから、試料をどのような方法で採取するかによつて、同じ品質の1バッチのコンクリートでも、それからとつた試料は同じ性質のものにはならないであろう。もつとも、同じ方法で行つても同じ性質の試料がとれるとは云えないが、方法が変ればより以上性質が異なるものと考えられる。それ故、排出時に数ヶ所(数を決めておく)の部分から試料を採り、これをよく混合して試験するようにするのがよいであろう。そして、このような試料を採ると決めたならば、この方法を変えずに採用していくことが大切である。そうすることによつて試験結果を相互に比較することができるのである。1バッチのコンクリートを代表する試料の最も適当なり方が決つた場合には、その試料をもつてそのバッチのコンクリートを表わすものとするのであるが、その試料が1バッチ内のコンクリートの平均の品質とどのような関係にあるかをあらかじめ確かめておくことは必要である。

つぎに、採取した試料で供試体を造るのであるが、試料は充分練り混ぜて均質となるようにしてあるので、この試料から造つた数個の供試体の試験結果は大體同じような値にならなければならない。しかしながら、日本の現状では、この数個の強度の変動は相当地大きく、この変動を表わすのに変異係数*を用いると、供試体の個数が3個の場合、変異係数が20%のような大きな値になることもあり、平均10%近くにもなる現場があるようである。同じコンクリートによる試験誤差がこのような大きな値を示すような現状では、コンクリートの品質を管理する前に、試験誤差をできるだけ少なくするよう研究することが大切である。何となれば、試験誤差が大きければ、コンクリートの品質をある程度正確に推定するために要する供試体の個数を大きくする必要があり、試験に要する時間、労力等に損失が大きくなり、ついには試験をする回数を減らすような結果におちいりやすく、充分な管理が

できないようなことになるおそれもあるであろう。筆者のいままでの試験結果から考えてみると、日本工業規格に準じた方法と器具によつて慎重に試験すれば、前述のような大きな試験誤差を生ずるようなことは考えられない。

つぎに、供試体の個数は何個づつ、どのぐらいの間隔でとればよいかという問題についてである。1バッチのコンクリートの強度をなるべく正確に求めるには1回に造る供試体の個数を大にすればよい。一方、各バッチごとにコンクリートの強度がどのように変動するかを検査するには、供試体を造る回数を大きくする方がよい。しかしながら、1日に供試体を造る個数には自ら制限があり、同じ個数を造るのであれば強度の変動を最もよく調べることができるような個数のとり方をする方が望ましいのである。すなわち、1バッチのコンクリートの強度を正確に知るかわりに、供試体を造るバッチの数を少なくするか、あるいは、1バッチの強度を知る精度は下がる代りに多くのバッチの試験をするかが問題になるが、このことは、バッチごとのコンクリートの強度の変動の大きさと、1つのバッチからとつた試料から造つた幾つかの供試体の変動の大きさととの関係によつて、一概には云えない。しかしながら、普通の現物のコンクリートの品質の変動と規格によつて試験する場合の試験誤差との関係から云えば、供試体の個数の総計を一定にすれば、1回に造る供試体の数を減じて回数を増す方が有利である。しかし、労力の点から云えば、個数の総計のみから考えるわけにはいかないが、上記のことを念頭において試験をすることが大切である。なお、以上のことは強度試験のみについてでなく、たの試験にも同様に適用されるのである。

(4) 管理図 一般に品質管理に用いられる管理図をコンクリート作業に用いるにはどのようにしたらよいであろうか。製品の品質の異常な変動を早急につきとめて、その原因をただちに調べるために管理図は非常に便利なものであるが、コンクリート作業で管理の重要な対称となる強度は、早くても数日から数週間後でなければ試験結果がわからない。それ故、強度による管理はその機能が鈍くなり、効果が急速には現れない欠点がある。しかしながら、強度は普通コンクリートの品質の重要な基準となるものであり、同時にとつた原料、作業工程、コンクリートの品質等のデータと

ともに、じごの管理を能率よく運営していく上に非常に貴重な資料を提供するものであるから、欠くことができないものである。以上の強度による管理と平行して、強度と密接な関係にあり、しかも測定が容易で時日を要せず、この結果からただちに管理作業の調整ができるような特性値があれば都合であるが、筆者の知る範囲では未だ充分には研究されていないようである。筆者の夢想しているのは、モルタルの単位重量、スランプ、空気量を考慮した量が考えられればよいということであるが未だ空想の域をでていない。

以上はでき上つたコンクリートの品質を管理図にのせることについて述べたが、管理図は何れも製品の品質のみに用いるものと限つたことはなく、原料の品質、数量、工程にも用いることが大切である。これなくしては充分な管理はとて望めないと思われる。すなわち、セメントの強度、骨材の粒度、表面水量、計量等を管理図にのせて変動の状況を知るとともに、異常状態が生じた場合の原因をつきとめる一つの手段とすべきである。また、コンクリートの品質に及ぼすこれらの量の影響を知つて、その許容限界を決めた場合、果してその許容限界内に入つているかどうか、入つていない時は作業工程をどのようにすれば入るかを調べることができて、でき上つたコンクリートの品質の変動を減少させ、品質を向上せしめる基礎ができるのである。換言すれば、これらの原料、作業工程を管理図にのせて、その変動が保証できるようになれば、管理はほとんどできたと云えるであろう。なお、日本の普通の現場においては、これらの管理状態がよくないので、熟練した技術者がミキサーの傍で監視し、ミキサーに投入される原料の状態、計量等とミキサーから排出されるコンクリートの品質、特にスランプ、ウォカビリティ等を常時調べて、投入する原料の量を加減していくことは、コンクリートの品質の変動を減ずるのに大いに役に立つであろう。

つぎに、試験誤差の管理について述べよう。例えば、圧縮強度試験において、同じコンクリートから数個の供試体を造つて試験をした場合、その結果のバラッキを管理することが必要である。供試体の個数は普通2~4個くらいであるので、範囲Rの管理図を造るのが計算も楽で好ましいと思う。管理図にプロットして、限界以上の変動を示したデータは異常な試験誤差が含まれていると考えられるので、その原因を調べるとともに、そのデータには注意して他のデータと同一視しないようにしなければならぬ。そのデータを捨てるかあるいは、ことに弱い値があつたときその値のみを捨てるかは、推計学の知識とともに技術者の判

* 試験結果が x_1, x_2, \dots, x_N であるとき、変異係数 $C = S/\bar{x}$

$$\text{ただし } S = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{v=1}^N (x_v - \bar{x})^2} \quad \bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_N}{N}$$

断にまたねばならないであろう。

5. むすび

統計的品質管理の方法は土木関係でコンクリート以外にも用いられると思うが、厩大な資材、資金、労力を要する大規模な建設現場のコンクリート作業に有効に応用された例を知らない。コンクリートの特殊性から、この方法が効果的に用いられるには今後研究すべき問題が多多あるが、信頼できる品質のコンクリートが経済的に造られるよう、研究者、現場技術者の方々の御研究により、コンクリートの統計的品質管理の方

法が実験計画法と共に一般に用いられるようになることを望んでやまない次第である。

参 考 文 献

- 1) 日本科学技術連盟：ASTM 品質管理必携
日本応用力学会編：応用統計学
統計科学研究会編：新編統計数値表
- 2) 応用統計学 p. 8.19
- 3) 同上 p. 8.22
- 4) 和氣幸太郎：品質管理論

学会備付雑誌（国内）一覽（3）

昭. 27 年中寄贈または交換により受領した分

1. 官公庁関係の分

運輸技術研究所報告 1 巻 9—12 号・2 巻 1—11 号、同所欧文報告 1—3 号、気象要覧 昭. 20. 1—3・3 冊、昭. 26. 1—12・12 冊（中央气象台）、局報 14—20 号（関東地建）、建設月報 5 巻 1—12 号（建設大臣官房広報課）、建設の話 8—9 号（同）、建設省部局別分類刊行物目録 2 号・昭. 26. 1—12（建設省図書館）、建設省土木研究所彙報 18—21 号、同所報告 81 号の 1—11・82 号の 1—6・83 号の 1—7、建築研究所報告 10—11 号（建設省建築研究所）、震験時報 16 巻 1—2 号（中央气象台）、工業技術 2 巻 1—12 号（工業技術院）、港湾技術要報 1—2 号（運輸省港湾局建設課）、国内出版物目録 昭. 26. 7—昭. 27. 3・9 冊以

後受領停止、昭和 25・26 年度定期刊行物 2 冊（国立国会図書館）、国立国会図書館収書通報 44—56 号以後受領停止、国立公衆衛生院研究報告 1 巻 2—3 号・2 巻 1 号、消防研究所報告 2 巻 2 号・3 巻 1—2 号（国家消防庁消防研究所）、水道研究 13—17 号（東京都水道局水道研究会）、地理調査所時報 12—14 号、中央气象台彙報第 36 冊、1—4 号—第 37 冊 1—2 号、潮位表昭和 28 年 1 冊（中央气象台）、地震月報 昭. 26. 7—昭. 27. 2（同）、鉄道業務研究資料 9 巻 1—22 号（鉄道技術研究所）、北海道開発局土木試験所彙報 1—6 号、同所月報 15—17 号、同所報告 10—11 号、北海道地下資源調査報告 2—6 号（同調査所）、労働省産業安全研究所報 1952 年 2 号、安全資料 2 号（同所）

土木推計学講座の完結について

37 巻 9 号より 6 回にわたり連載された土木推計学講座は、本号をもって一応完結することになりました。3 号は都合により欠講し 4 号よりまた構想を新たに、鉄道に関する講座を 2—3 回にわたり連載する予定であります。

本講座のためにいろいろ御尽力下さった執筆者の方々に厚く御礼申し上げます。なお、どのような講座を設けて欲しいという御希望があれば御知らせ下さいませです。
(編集委員会)

企業合理化促進法による建設工業技術研究補助金 交付の申請について

昭和 27 年 3 月 14 日法律第 5 号をもって企業合理化促進法が公布され、28 年度から研究補助金が交付されることになりました。これは従来の建設技術研究補助金の申請と異なり、自由課題でありますから研究者から申請がなければ採り上げられないものであります。

御希望の方は 3 月 31 日までに申請して下さい。なお詳細は建設省計画局総合計画課にお問合せ下さい。