

IV-10

コンクリートの品質の合否の統計的な判定方法について

大阪市立大学工学部 正員 水野俊一
修成建設専門学校 正員 井沢明義

現場でつくられたコンクリート供試体の試験結果から、コンクリートの品質の合否を検査する方法が新しいコンクリート標準示方書に採用されている。すなわち「試験の結果、圧縮強度の試験値が一般の場合、 $0.8 \sigma_{ck}$ を ρ 以上の確率で下らないこと、および σ_{ck} を n 以上の確率で下らないこと、を適当な危険率で推定できれば、コンクリートは所要の品質を有していると考えてよい」（一般の場合 $\rho = 1/20$, $n = 1/4$ ）。その推定方法は「(i)連続する 10 個の試験値のうち σ_{ck} の 80% を下るものが 1 個より多くない、(ii)連続する 10 個の試験値のうち σ_{ck} を下るものが 4 個より多くない」という条件が示され、また、「試験値の数が少ない場合、個数による検査方法でコンクリートの品質が明らかでない場合、悪い品質のコンクリートが合格と判定されることを避けたい場合等」では計量検査方式を用いればよいとしている。以上のような方法でコンクリートの品質を検査する場合の問題点を統計的に考察した結果をのべるとともに、より効果的と思われる方法を示すことにする。

1. 検査能力

品質の検査方式としては、前述のように、一般の場合には計数検査、特別な場合とかダムコンクリート等では計量検査を行うことになっているが、これらの検査方法ではどの程度の検査能力があるかを調べてみることにする。

コンクリートの配合強度を定めるための条件は、前に示した α の条件からなっている。これらの条件が丁度満足される強度がえられた場合に、上記の計数検査において不合格と判定される危険率 β は、二項分布より求めると、 ρ および σ 条件においてそれぞれ 8.6% および 7.8% となる。これは、計量検査において示方書で用いられている $\alpha = 10\%$ と大差のない値である。

つぎに、悪いコンクリートすなわち強度の不良率が所要の値 ρ あるいは σ よりも大きなコンクリートがこの検査において合格と判定される危険率 β を求めることにする。悪いコンクリートの不良率 ρ' と β との関係を図-1 に示す。このような不良率を有するコンクリートは、強度のばらつきが変らずに平均値のみが低下した場合、平均値が変らずにばらつきのみが増大した場合、ばらつきと平均値の両者が悪化した場合にえられるが、ここでは前二者の場合について考察することにする。

予想した変動係数 V にかいたる割増し係数を γ とするとき、変動係数は予想通りのものがえられたが、平均値が低下して割増し係数 γ' に相当する平均強度になる γ とする。いま、 $V = 10, 15, 20\%$ の場合について、

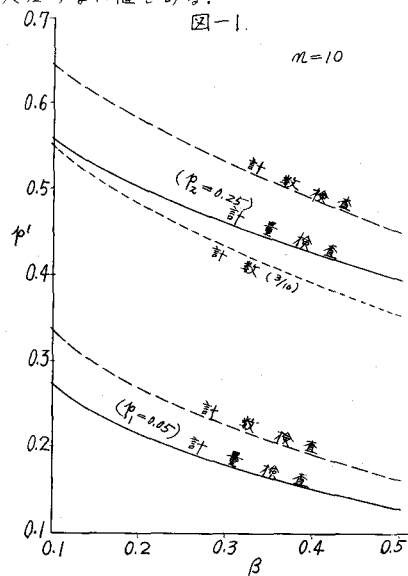
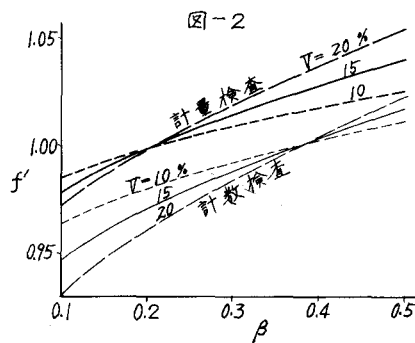
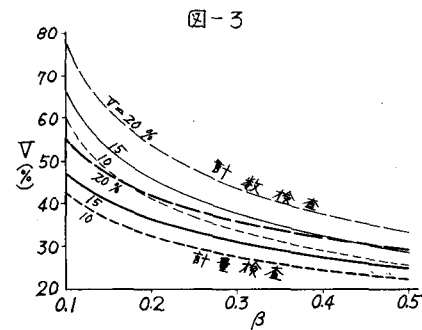


図-1に示す μ' を用いて f' を求めると、才Z検定条件の場合の f' が才1検定条件の f' よりも大きくなる。これすなわち、平均強度の低下を検出するのは才Z検定条件であることを示している。図-2は f' と β との関係を示したものである。計数検査で計量検査と同程度の不良検出を行おうとすれば、才Z検定条件の4個を3個と減えればよいが、この場合 α は22%となる。



つぎに、ばらつきだけが增大する場合に於いて考察すれば、この検出は才1検定条件によつて行われることがわかる。検出したい悪いコンクリートの変動係数 V と β との関係を図-3に示した。これを見ると、何れの検査方式でも検定能力が著しく低いことがわかる。そこで、これに代る方法として、次に示す変動係数の棄却限界を用いる方法を提案したいと思う。



2 変動係数の検定

これには変動係数の分布を求めることが必要である。

N 回の試料の変動係数を $V = u/\bar{x}$, $u = \sqrt{\sum (x_i - \bar{x})^2 / (N-1)}$ で表

わすと、 $v = \frac{u}{\bar{x}} = \frac{\sqrt{\sum x_i^2 / N}}{\bar{x}} = \eta/\xi$ より、 $M \dots$ 母平均、 $\sigma \dots$ 母標準偏差

$$f(\xi, v) d\xi \cdot dv = \frac{2 \left(\frac{N-1}{2} \right)^{\frac{N-1}{2}} v^{N-2}}{\sqrt{2\pi\sigma^2/N} \Gamma\left(\frac{N-1}{2}\right)} \cdot e^{-\frac{N-1}{2} \xi^2} \cdot e^{-\frac{N-1}{2} v^2} \cdot \xi \cdot d\xi \cdot dv$$

ξ を $-\infty$ から ∞ まで積分すると、

$$f(v) \cdot dv = \frac{2 \left(\frac{N-1}{2} \right)^{\frac{N-1}{2}} v^{N-2}}{\sqrt{2\pi\sigma^2/N} \Gamma\left(\frac{N-1}{2}\right)} \cdot A_{N-1} \cdot dv, \quad A_{N-1} = \frac{1}{a+b} \left\{ a A_{N-2} + \frac{N-2}{2} A_{N-3} \right\}$$

$$\text{ここで、} a = \frac{N-1}{2\sigma^2}, \quad b = \frac{N-1}{2} v^2, \quad A_0 = e^{-\frac{a^2}{2(a+b)}} \left(\frac{\pi}{a+b} \right)^{\frac{1}{2}}$$

上式を用いて危険率が片側10%の棄却限界を求めると図-4のようになる。 N 回の強度から算出した変動係数 $u/\bar{x}$ が予想した変動係数に対応する両曲線の外にあれば予想した変動係数がえられてないと考えてよいことになる。図-4を用いてばらつきを検査を行う場合、検出される悪いコンクリートの V は図-3の値よりも相当小さくなるので、これを用いることを提案したいと思う。

以上において、コンクリートの品質の良否の検定には計量検査と変動係数の検査を併用するのが望ましいこと

しかし、計量検査の代りに計数検査を用いることもできること、そして、計量(計数)検査は才Z検定条件のみで十分であること等を明らかにし、また、変動係数を検定する方法をも示した。

