Ⅳ－77　小試料によるコンクリートの品質の判定について

大阪市立大学工学部　正員　○水野俊一
仝　上　学生員　文野誠記

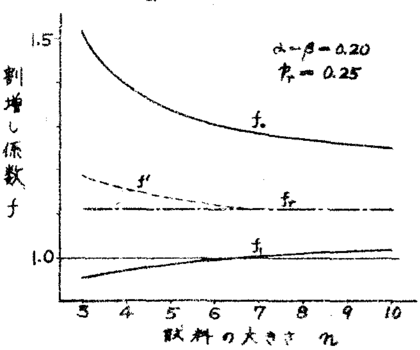
現場におけるコンクリートの強度試験は，比較的小規模な工事においては，一般にコンクリートの品質管理よりはむしろ，品質の合否の判定のために行われることが多いようである。業者による工事の責任施工が増えるとともに，この傾向は次第に増加するものと思われる。コンクリートの強度試験は一般に試験回数が少いので，少数の試験値から品質の合否を判断する必要に迫られるわけであるが，この場合の問題点についてのべたいと思う。

(1) 品質規格と検査の判定力

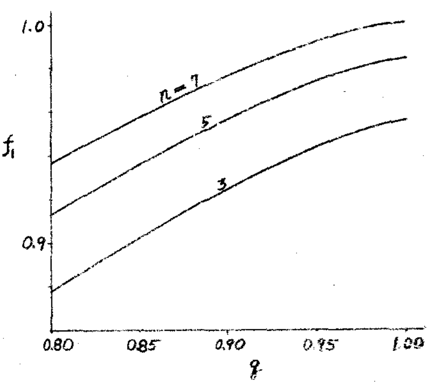
少い試料からコンクリートの品質の合否を判定するには　計量型検査方式を用いるのが望ましい。合格判定係数 k と試料の大きさ n が $n \geq 3$ の場合に近似的に $k=\frac{K_{p0}K_{\beta}+K_{p1}K_{\alpha}}{K_{\alpha}+K_{\beta}}$ ，$n=\left(1+\frac{k^2}{2}\right)\left(\frac{K_{\alpha}+K_{\beta}}{K_{p0}-K_{p1}}\right)$ で表わされるとする。

いま，配合強度 σ_r（不良率 p_r，割増し係数 f_r）に等しいコンクリート（平均強度 $m=\sigma_r$）がつくられた場合には，これは良いコンクリートと悪いコンクリートとの境界であると考えることができる。$m=\sigma_r$ のコンクリートを良いコンクリートと考えたとき，危険率 β で判定できる悪いコンクリート（割増し係数では f_1）を求め，また $m=\sigma_r$ を悪いコンクリートと考えたとき，危険率 α で判定できる良いコンクリート（割増し係数で f_0）を求めることにする。いま，強度の変動係数 $V=15\%$，$\alpha=\beta=0.20$，$p_r=0.25$ の場合の f_1，f_0 を示すと図－1のようになる。n が小なるときは検査の判定力が相当に低いことがわかる。つぎに品質規格として「設計基準強度 σ_0 の g 倍を r 回に一回以上の割合で下ってはならない」という条件を考えれば，同じ配合強度 σ_r を有する条件は g と r を種々に変化させることによって幾通りも作ることができる。そこで，これらの条件によって検査の判定力がどう変化するか調べてみる。いま，$f_0=1.112$，$\alpha=\beta=0.20$，$n=3, 5$ および7のとき g と f_1 との関係を図－2に示した。

図－1



図－2



これを見ると，g が小さいほど f_1 は小さくなって判定力が低下しているので，品質規格としては g を小さくとるのは望ましくないことがわかる。

つぎに，試料数が小さい場合の対策として，試料数が大きい場合よりも割増し係数を大きくすることを提案したいと思う。その一案としては，不合格としないコンクリートの強度（f_1）が平均強度よりも標準偏差の g 倍だけ小さくなるよう

にする方法である。fのとり方には種々考えられるが，一例として，配合強度と一致する平均強度がえられるときに，4回に1回位個々の強度がその値を下るような値をとるとすれば，$g=0.67$ となる $V=0.15$, $f_0=1.112$ のとき $f_1=1.0$ となる。すなわち，不合格としたいコンクリートの平均強度が σ_0 以下とならないようにfを定めることになる。この場合の f' を図－1中に示してある。

つぎに，コンクリートの強度のばらつきを日間変動と日内変動に分けて考えた場合には，日内平均が $m_i=x\sigma_0$ となる確率密度 p_i は $K_i=\frac{x-f}{f}\cdot\frac{1}{\gamma V_w}$ 日内の真の不良率 p_w は $K_{pw}=\frac{x-1}{x}\cdot\frac{1}{V_w}$ より求めることができる。ここで，$f=M/\sigma_0$ M---全平均 $\gamma=V_d/V_w$ V_d---日間変動係数 V_w---日内変動係数である。全平均強度が M のコンクリートが不合格となる確率は $\int_{-\infty}^{+\infty}p_i\alpha'\cdot dK_i$ より求めることができる。ここで α' は $K_{\alpha'}=(K_{pw}-k)/\sqrt{\frac{1}{n}+\frac{k^2}{2(n-1)}}$ より求める。いま，$V=0.15$，$f=1.112$，$\alpha=\beta=0.20$，$n=3$，$\gamma=1.5$，1.0 および 0.5 のとき，上記の計算を図式で行った結果からは，日内平均が配合強度よりも大きくなってしかも不合格となる確率は 4%($\gamma=0.5$)，1%($\gamma=1.0$) のように小さいが，日内平均が配合強度よりも小さくなってしかも合格となる確率は 24~30% となり，消費者危険は生産者危険よりはるかに大きいことがわかる。いま，図－1のように $n=3$ で $f=1.183$ とすると消費者危険は上記の $1/2$ 程度に減少する。

(2) 平均強度にたいする規格

コンクリートの品質規格の中には平均強度にたいする条件を設けているものもある。いま，個々の強度に対する条件と平均強度にたいする条件とでは判定力にどのような差があるか検討してみる。「どの強度も25%以上の確率で σ_0 を下ってはならない」という条件と，$V=0.15$ で等しい割増し係数を有する条件「どの連続した3個の平均強度も12%以上の確率で σ_0 を下ってはならない」をくらべる。$\alpha=\beta=0.20$ の場合の判定できる品質を算出すれば，f_1 には僅かな差しかないが，f_0 にはかなり差があり，個々の強度にたいする条件の方が判定力が多少大きくなっている。

つぎに，連続何個かの平均値を取扱う場合，n個づつ区切った平均値をとるか，移動平均値をとるかによって取り扱いが異ってくる。いま，連続3個の移動平均について考察する。ある値 x_R がでたとき，これを含む3個の平均値の分布を $N\left[\frac{2M+x_R}{3}, \frac{2}{9}\sigma^2\right]$，ここで M 母平均，$\sigma$ 母標準偏差で近似させると，平均値が σ_0 を下る確率は $K=\frac{1}{\sqrt{2}}(\sqrt{3}K_d-K_R)$ から求めることができる。ここで $K_d=\sqrt{3}(M-\sigma_0)/\sigma$，$K_R=(M-x_R)/\sigma$，いま，$p=0.0545$，$V=0.15$ のとき，3個づつの3組の平均値のうち σ_0 未満のものが2個以上でる確率は，図式解法で求めると 0.022 となり，平均の場合の 0.0087 より相当に大きい。移動平均では異常な値が出易いことがわかる。いま約3700個の正規乱数を用いて，この値を検討してみると，移動平均では 0.030，平均では 0.0078 であった。また，3個の平均値の連続10個のうち，上記の限界をこえるものの数を調べた結果を図－3に示す。これからも，移動平均では異常な値がでる可能性が普通の平均の場合よりも相当に大きいことが明らかである。

図－3