IV-11 コンクリートの強度の許容限界について

大阪市立大学工学部　正員　水野俊一

現場でつくるコンクリートの強度試験を行う場合に，その試験結果が満さなければならない條件には種々のものが用いられている．一般にある條件が定められているとき，この條件をどのように解釈し，條件を満すためにはどのようにすればよいかについて私見を述べ，更にコンクリートの強度の合否を能率よく判定する方法を示したいと思う．

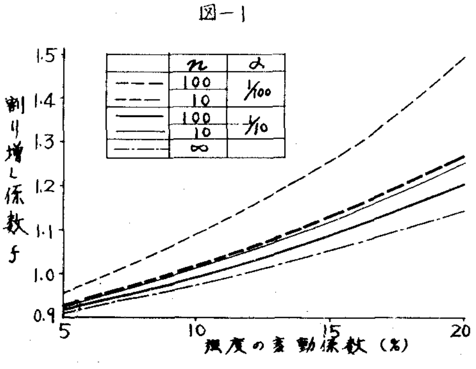
1. 強度の許容限界に対する考え方

コンクリートの強度が満さなければならない條件としてはつぎのような2種のものが多く用いられている．(A)「試験値はある強度以上でなければならない」(B)「ある強度以下のものは試験数の $1/\gamma$ 以下でなければならない」（γは5, 10, 20等が用いられている）．このような條件に対してはつぎのような2つの見方があると思う．すなわち，その條件を品質管理の條件と考えるか，または品質判定の條件と考えるかである．

品質管理の條件として考えてみると，前記(A)の方法は管理限界の下限値を示し(B)の方法は緩かな警戒限界に相当するものを示していると考えることができる．このように考えれば，この條件から合否の判定を行うことはないことになる．この場合の配合強度あるいは割り増し係数のとり方としては何れの場合でも試料数を無限大と考え(A)の方法では3シグマ限界あるいはそれに近い限界を仮定することによって求め(B)の方法ではそのような仮定なしに直ちに算出することができる．現行土木学会の規定は後者を用いている．

つぎに，品質判定の條件として考えると，(A)の方法では1個でも定められた強度を下る値があれば不合格となり(B)の方法では試験数nの$1/\gamma$以上が定められた強度を下れば全体のコンクリートが不合格と判定されることになる．この場合の割り増し係数のとり方としては(A)の方法では予定試験回数n個中の1個以上が定められた強度を下る危険率がα以下となるようにし(B)の方法ではn個中定められた強度を下る試験値の数がn/γ個をこえる危険率がα以下となるように定めなければならない．すなわち，この場合にはnとαを定めなければ割り増し係数は決らないことになる．1例として「σ_{28}の85%を10個に1個より多く下ってはならない」という條件において$n=10\sim$　，$\alpha=1/10\sim1/100$に変化させた場合の割り増し係数と強度の変動係数vとの関係を求めてみると図-1のようになる．nおよびαのとり方によってfが大きく変化することがわかる．このように，与えられた條件の解釈の仕方によって配合強度を変えなければならないから，條件を正しく理解することが必要である．

図-1



2 品質判定の方法の比較

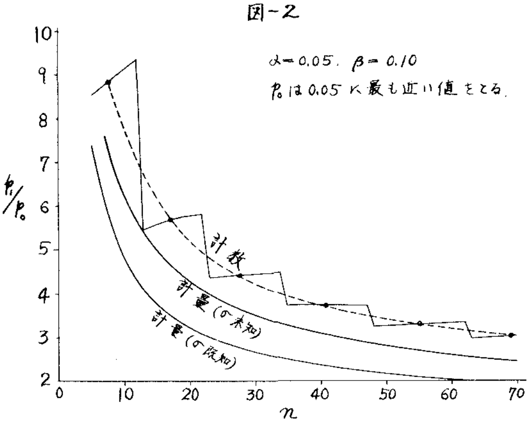
コンクリートの試験回数は一般に少いので，品質の合否を判定する場合にはこの少い試験値を用いて

最も能率よく判定することが必要となる．一般に合否を判定する方法には計数値による方法と計量値による方法とがある．いま，$\alpha=0.05$，$\beta=0.10$（αは不良率がp_0のような良いロットが不合格となる確率，βは不良率がp_1のような悪いロットが合格となる確率である），$p_0=0.05$あるいはこれに最も近い値とした場合にp_1/p_0が試験回数nによってどのように変化するかを求めてみると図-2のようになった．いまp_1/p_0を同一にするための試験回数nを求めると表-1のようになる．これをみると，計量型を用いると試験数を相当減少することができて能率的であることがわかる．

表-1

判定方法の種別		試	験	数			
計量型（σ既知）	n_1	7	9	12	15	17	23
計量型（σ未知）	n_2	10	15	20	25	30	40
計数型（平均的な値）	n_3	15	22	30	38	48	66
	n_3/n_2	1.5	1.5	1.5	1.5	1.6	1.6
	n_3/n_1	2.1	2.4	2.5	2.5	2.8	2.9

図-2



3 能率的な品質判定方法

コンクリートの品質の変動は日内変動と日間変動に分けることができるので，これを考慮した判定方法について考察を加える．

1日にNバッチのコンクリートを造りこのなかからn回試験してm日間のコンクリートの品質を判定する場合を考える．日内変動をσ_W^2，日間変動をσ_B^2，各試験値をx，下限規格値をLとし$\bar{x}-ks$とLを比較して合否を判定することにする．ここで$\bar{x}$は平均値，sは不偏分散の平方根

$\bar{x}-ks$の分布を近似的に

$N\left[\mu-k\sqrt{\sigma_B^2+\sigma_W^2},\ \frac{N-n}{N-1}\frac{\sigma_W^2}{mn}+\frac{N-n}{N-1}\frac{k^2\sigma_W^2}{2(mn-1)}\right]$で表わすと，一般の抜取検査方式と同様な計算方法を用いて　$k=\frac{K_{p_0}K_\beta+K_{p_1}K_\alpha}{K_\alpha+K_\beta}$，$mn\fallingdotseq\left(1+\frac{k^2}{2}\right)\left\{\frac{K_\alpha+K_\beta}{(K_{p_0}-K_{p_1})\gamma}\right\}^2$

が導かれる．ここでμは真の平均強度，$\gamma=\sqrt{1+(\sigma_B/\sigma_W)^2}$

$p_1=\frac{1}{\sqrt{2\pi}}\int_{K_{p_1}}^{\infty}e^{-t^2/2}dt$　いま$\alpha=\beta=0.20$，$p_0=0.0565$の場合のkおよびp_1とmnとの関係を図-3に示した．つぎにmn個の試験値から$k=\frac{\bar{x}-L}{s}$を算出すれば$K_{p_1}=k-\frac{K_\beta}{\gamma}\sqrt{\frac{1}{mn}+\frac{k^2}{2(mn-1)}}$より$k$と$p_1$との関係が求まる．$\gamma=0$，$\beta=0.10$および0.20の場合を図-4に示した．これより危険率がβで合格となる不良率p_1を求めることができる．規格が計数型で定められている場合でも以上の方法を用いればより効果的な品質の判定を行うことができるものと考える．

図-3

$\alpha=\beta=0.20$　$p_0=0.0565$

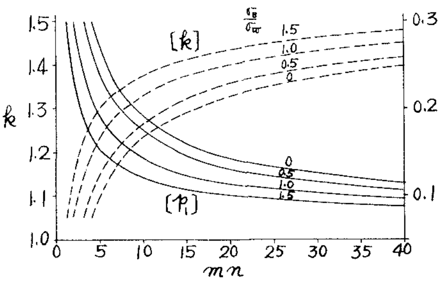


図-4