

I-43 コンクリートの配合設計に用いる割増し係数について

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配合設計を行うにあたっては、部材の設計において基準としたコンクリートの圧縮強度 σ_{28} に適当な割増し係数 ϕ をかけた値 $\phi\sigma = \phi \cdot \sigma_{28}$ を配合設計の基準にとっている。この ϕ の値は、コンクリート標準示方書によれば、コンクリートの強度の変動係数および構造物の重要度に応じて、現場におけるコンクリートの強度試験結果が満すべき条件を満足するように定めることになっている。その条件とは、「その強度も σ_{28} の 80% を、また引続きとったものの 5 個の強度の平均値も σ_{28} を、少なくとも、20 個に 1 個以上の確率を下つてはならない」というものである。

筆者は、安全率に代るものとしての破壊の確率の新しい考えかたをさきに発表したが、この考えかたをもとにして割増し係数に考察を加えたいと思う。まず、破壊の確率はつぎの式で表わすことにする。

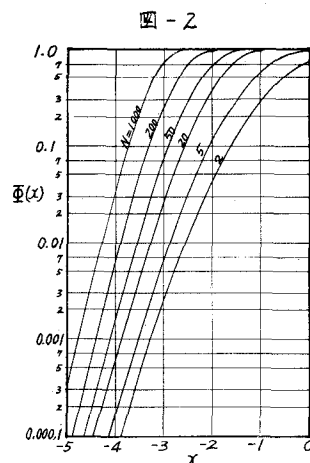
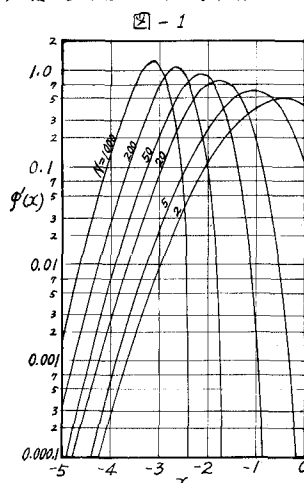
$$\gamma = \int_{-\infty}^{\infty} \{f(x)\} \cdot \phi'(x) \cdot dx, \quad \phi'(x) = N \left\{ \int_x^{\infty} \phi(x) \cdot dx \right\}^{n-1} \cdot \phi(x) \quad \text{----- (1)}$$

ここで、 $\gamma(S)$ は、構造物に期待する寿命期間中に、ある荷重 S よりも大きな荷重の生ずる確率を表わす分布関数であり、 $f(x)$ はコンクリートの強度が x である部材の耐える荷重である。 $\phi(x)$ はバッチ単位でのコンクリートの強度の確率密度関数であり、 N は強度 x を必要とするコンクリートのバッチ数である。

いま、割増し係数 ϕ 、構造物の重要度に応じて、各種の条件が変わるも、破壊の確率が一定となるように定めることにする。この場合、割増し係数 ϕ に影響を及ぼす因子で、計算に取り入れることができるものを示すつぎのようになる。(a) つくられるコンクリートの強度のばらつき、(b) 構造物中で設計に用いた強度を必要とするコンクリートの量(バッチ数)、(c) 構造物中で必要とする強度の分布、(d) 部材の種類、(e) 荷重の分布、(f) 設計方法、(g) 破壊の確率、(h) コンクリートの強度の材料による変化、以上である。

これらのうち、(a) は $\phi(x)$ に、(b)(c) は $\phi'(x)$ に、(d)(f) は $f(x)$ に、(e) は $\gamma(S)$ に、(h) は ϕ に直接影響を及ぼすものである。

まず、 $\phi(x) = e^{-x^2/2} / \sqrt{2\pi}$ とした。ときの $\phi'(x)$ を図-1 に示した。これは標準偏差の倍数を表わすことにする。構造物中で必要とする強度の分布を考慮するにはつぎのようになるのが便利である。いま、構造物中で必要とするコンクリートの強度を、最大強度 x_0 を 1 とし、適当な幅 l を区切ってゆく。せして、各区域 $1, (1-l), (1-2l), \dots$ のコンクリー



ト量を $N_0, N_1, N_2, \dots$ とす。 $\Psi(X) = 1 - \left\{ \int_0^X \varphi(x) \cdot dx \right\}^N$ ----- (2) とおき、(図-2参照)
 $[N_0, X_0]$ に相当する $\Psi(X)$ を $\Psi_0(X_0)$ $[N_1, \{(1-2\alpha)X_0 - \frac{\alpha}{2}\}]$ に相当するものを $\Psi_1(X_1)$ 、
 $[N_2, \{(1-2\alpha)X_0 - \frac{\alpha}{2}\}]$ に相当するものを $\Psi_2(X_2)$ 、等とする。 V は強度の変動係数である。
 $\Psi(X_0) = 1 - \{1 - \Psi_0(X_0)\} \{1 - \Psi_1(X_1)\} \dots$ により $\Psi(X_0)$ を求め、(2)式または図-2 から $\Psi(X_0)$ に相当する N を近似的に求め、その N による $\varphi(X)$ を用いればよい。

$f(X)$ は部材の種類、設計方法によって異なるが、曲げのみを受ける部材(常用設計による鉄筋鉄筋量の場合と、鉄筋量を増加した場合)、柱(鉄筋量3%、偏心0および0.3)、および無筋コンクリートについて、破壊荷重を100%としたときの $f(X)$ を図-3に示した。

$\Psi(S)$ は、荷重のとりかた、荷重が将来どのように変化するか、等によって異なるが、ここではつぎに示す3種のもの、および破壊荷重の10%だけ余裕をみたものの計6種について計算を行うことにする。

荷重記号	Ⅱ	Ⅱ'	Ⅳ
設計荷重以上の荷重の生ずる確率	10%	90%	100%
設計荷重の1.5倍以上の荷重の生ずる確率	1%	1%	0

破壊の確率 γ は、図-4に示す方法によって計算を行った。計算結果の一部を図-5に示す。なお図-5中に、強度の変動係数 V が15%の場合の γ を1としたとき、 γ をへ定にするための

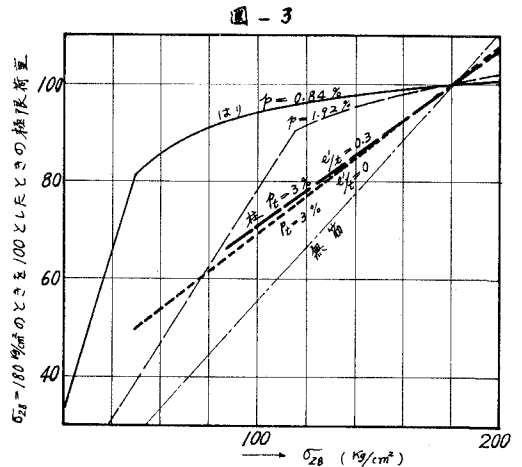


図-3

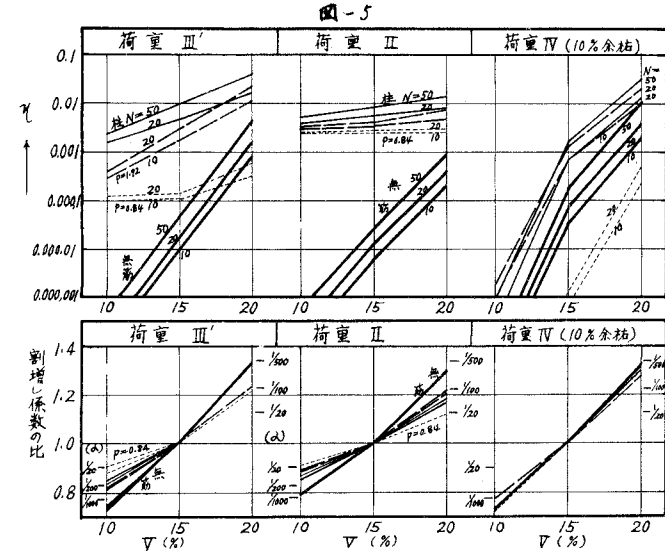
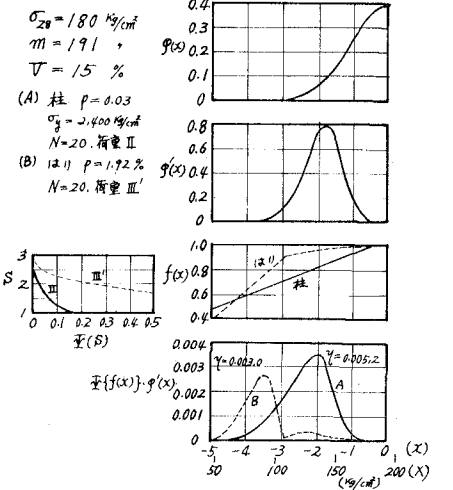


図-5

図-4



めには、 V の変化したときの割増し係数を次のようにとればよいことを示した。その後の結果をも考慮していえることは、強度試験結果が満たすべき条件に不合格となる確率 γ は、曲げ部材 ($\alpha=1/20$) の場合よりも柱、無筋コンクリートとは小さくし、かつ、柱をば、曲げ部材よりも割増し係数を大きくとるのが望ましいということである。