

コンクリートの配合強度に対する統計的考察

近畿大学理工学部 正員 ○水野俊一

同 上 正員 宮脇秀年

同 上 正員 森田孝文

土木学会制定のコンクリート標準示方書には、現場におけるコンクリートの強度の試験値が満すべき条件が示されているので、配合強度はこの条件を満すように統計的に算出された値以上の強度を採ることになる。この条件は、構造物の安全性および経済性と深い関連をもっているが、諸外国ではこれとは異なる条件が用いられている。そこで、これらの条件に検討を加えるため、筆者の一人は22年前に、鉄筋コンクリート部材についての破壊の確率の考え方を示し¹⁾、ついで、この計算結果から、上記の条件の検討を行った。²⁾

筆者の提案した破壊の確率は、部材がその耐用年限中に破壊する確率として、

$P_f = \int_{-\infty}^{\infty} \Psi \{f(x)\} \varphi'(x) dx$ によって算出されるものである。ここで、 $\Psi(S)$ は、部材に期待

される耐用年限中に、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、 $\varphi'(x)$ はバッチ単位の強度の確率密度関数が $\varphi(x)$ であるコンクリートの N バッチ中の最小強度の確率密度関数である。また N は強度 x を必要とするコンクリートのバッチ数で、 $f(x)$ はコンクリートの強度が x である部材が耐えることのできる荷重である。筆者はさきに、荷重および強度の分布を正規分布と仮定し、さらに、設計施工の段階で含まれる主観的不明量を常数としてこれを考慮して、破壊の確率を算出した。²⁾

近年、信頼性に関する研究が進み、破壊の確率の算出方法として、主観的不明量を考慮した方法、荷重および強度の確率分布の特にその分布形状に大きな影響を受けないような方法等が発表されている。しかしながら、破壊の確率は明らかに確率分布の形状に影響されるものであるから、配合強度の割増し係数を破壊の確率の面から検討する場合には、種々の分布の形状の場合について検討するのが望ましいと考えられる。そこで、本報告においては、荷重は正規分布 N 、対数正規分布 LN およびⅡ型漸近最大値分布 $EX2$ 、強度は正規分布 N 、対数正規分布 LN およびⅢ型漸近最小値分布 $EX3$ について破壊の確率を算出した。なお、荷重の分布は、設計荷重を越える荷重の生ずる確率を α 、設計荷重の1.5倍を越える荷重の生ずる確率を β とし、主観的不明量 r は真の耐荷力と計算耐荷力との比とした。

部材の種類は、やはり単鉄筋長方形断面で鉄筋比 p が2種、コンクリートのバッチ数 N が2種の計4種、鉄筋コンクリート柱は偏心 e/d が2種、 N が2種の計4種、無筋コンクリート柱は N が2種で、合計10種である。また、 $\sigma_{ck} = 240 \text{ ㏩}$ 、 $\sigma_{sy} = 3000 \text{ ㏩}$ とし、部材の耐荷力は ACI の終局荷重の式で算出した。荷重および強度の分布の組合わせは42種としたので、算出した破壊の確率は420個である。

いま、強度の変動係数 $V = 10\%$ の正規分布をする強度 x のコンクリートが $N = 10$ バ

ツチ分問題とする個所に必要な場合に、 $\alpha = 0.99$ 、 $\beta = 0.05$ の正規分布をする荷重が作用するとき、作用する荷重（部材が破壊するときの強度に対応する）の分布 $\psi(x)$ および $\phi'(x)$ を、はり、柱および無筋について示すと図-1 図-1 $\psi(x)$ 、 $\phi'(x)$ 、 $\psi(x)$ の分布
 $\alpha=0.99$ $N=10$ $V=10\%$
 $\beta=0.05$ $r=1$

布であっても、部材に作用する荷重（前記）の分布はこれとは異なる複雑な分布をし、部材の種類等により異なることがわかる。そこで P_f あるいは中央安全率は、一般に、数値計算によらなければ算出することができない。数値計算によって算出した破壊の確率を図-2 に示した。なお、荷重番号と α および β との関係を表-1 に示した。これを見ると、 P_f は荷重分布、主観的不明量、強度の変動等

表-1

荷重 No.	I	II	III	IV
α	0.50	0.99	0.99	0.99
β	0.01	0.10	0.05	0.50

によって大きく変化することがわかる。また P_f が小さい場合ほど、一般に、 V の変化による P_f の変化が大きくなる傾向がみられる。

つぎに、 V が 10% および 20% の場合に、15% の場合と等しい P_f を与える配合強度と、 $V = 15\%$ の場合の配合強度との比を図-2 中の上部に示した。以上より、破壊の確率は強度の分布のすその部分の影響が大きいとはいえ、配合強度は部材の種類によっては、強度の変動が増加するにつれて現行の値より更に大きくすべきであると思われる。

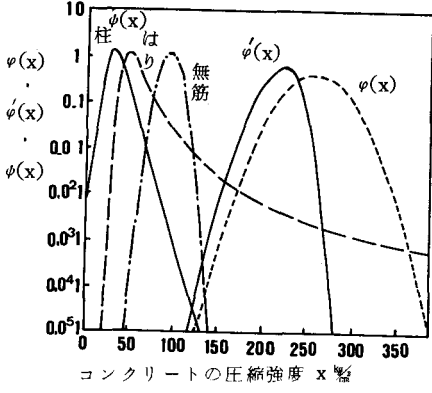
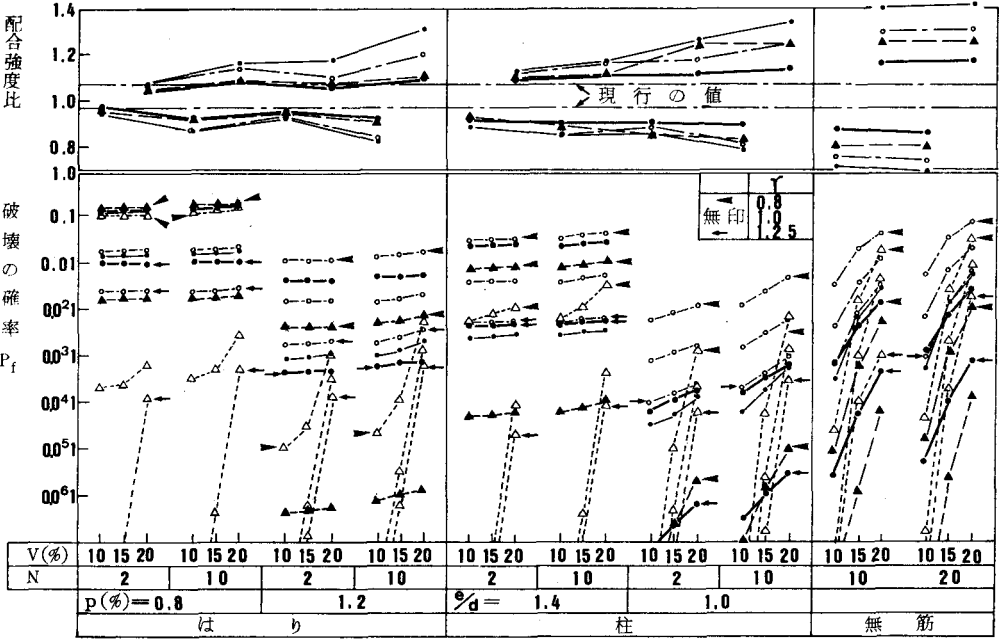


図-2 1 EX2-EX3, 2 LN-LN, 3 EX2-EX3, 4 NN-N, 5 W LN-LN



- 1) 水野俊一：コンクリート構造物の安全率について 土木学会年次学術講演会 1956
- 2) 水野俊一：コンクリートの配合設計に用いる割増し係数について 土木学会年次学術講演会 1959