

(43) RC 構造物 における 安全 の 検討 水準

東北大学 正会員 狩野誠一郎
東北大学 学生員 ○ 橋 真琴
東北大学 学生員 小野 洋

1. はじめに

近年、RC構造物の設計において、従来の許容応力度法に対し、より合理的・経済的に安全率を評価しようという動きがある。RC構造物の安全性を検討するためには、i)外力の変動 ii)構造物の挙動の変動 iii)荷重の変動を、統計論的に考慮しなければならない。この概念を設計法に導入したものに、レベルⅠ(種々の限界状態を定義し、部分安全率、特性値などを用いて、決定論的設計を行う準確率論的方法)や、レベルⅡ(変動の正確なデータより、確率論的方法を用いて、所定の安全度を満たす経済的最適解を得ようとする方法)などがある。

本研究では、破壊の確率という概念を用いて、レベルⅠの安全率を評価しようとするものである。

2. 概要

外力と耐力とが、互いに独立であると仮定すると破壊の確率は次式で表わされる。(図-1参照)

$$P_F = P(S < R) \\ = \int_0^{\infty} F_R(x) f_S(x) dx \quad (1)$$

ここに R: 耐力

S: 外力

x: 荷重, 荷重作用, 変形などで表わされる量

$F_R(x)$: 耐力が x 以下である確率を表わす耐力の分布関数

$f_S(x)$: 外力が x である時の外力の密度関数

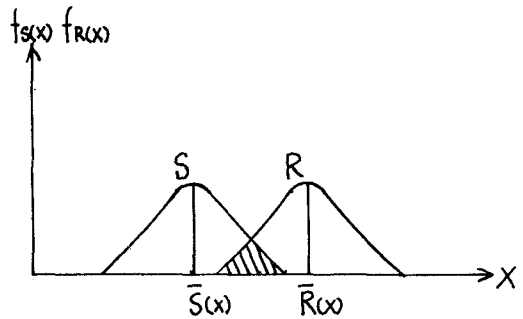


図-1. 破壊の確率

現行の許容応力度法で設計した場合の P_F は、大体 10^{-5} 程度と思われる。

(1) 式のたみ込み積分を行うには、外力・耐力とも同じ x という量で表現されねばならないが、一般に耐力の変動性は、荷重作用(軸力, 曲げモーメントなど)で、又外力の変動性は荷重で表現されるので、確率分布型はどちらか一方に変換されなければならない。特に、耐力として、RC断面の終局強度式を用いる時、不静定構造物では荷重と荷重作用の関係が非線形になるので(図-2参照)、この分布型の変換は一般に困難となる。

本研究では、モンテカルロ法シミュレーションにより非線形の場合の破壊の確率を算定し、線形理論で断面を算定した場合の線形化係数の導入について考察した。

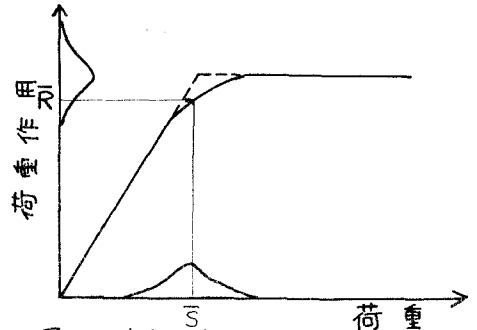


図-2. 荷重と荷重作用

構造物全体の破壊の確率は、その構造物の要素より求められる。図-3は、静的構造物の荷重作用と耐力及破壊の確率との関係を図示したものである。静定構造の破壊の確率は(2)式で表わされ、ワイブルの理論が適用できるが、不静定構造物では曲げモーメントの再分配などを考慮しなくてはならない。

$$P_F = 1 - \int_0^l (1 - P_F(x)) dx$$

$$\cong 1 - \prod_{i=1}^n (1 - P_{Fi}(x)) \quad (2)$$

ここに

l : スパン

$P_F(x), P_{Fi}(x)$: 距離 x の点、又は要素の破壊の確率

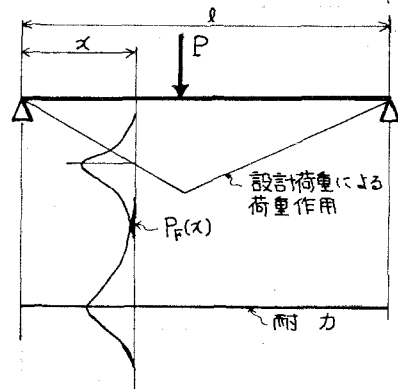


図-3. 静定構造物の破壊の確率

荷重の変動性については、その時間的变化を静的確率過程において考察した。これは、構造物の耐用年数に対し、荷重 S_i が、

Y_i 回繰り返す、それぞれの要素期間における確率は互いに独立であるという仮定のもとに、いくつかの荷重を組み合わせたもので、組み合わせ荷重に対する安全率を定量的に導こうというものである。

次式を用いる。

$$F_{r_1 \dots r_n}(\Delta S)$$

$$= 1 - \left[1 - (F_1(S'_1) - F_1(S'_1)) (1 - \left[1 - (F_2(S'_2) - F_2(S'_2)) (1 - (F_3(S'_3) - F_3(S'_3)) (\dots) \right)^{1/Y_1} \right]^{1/Y_2} \right)^{1/Y_3} \right)^{1/Y_n} \quad (3)$$

ここに

$F_{r_1 \dots r_n}(\Delta S)$: ΔS 区間に荷重が少くとも1度入る確率

S_i : 荷重

Y_i : 荷重 S_i の繰り返す回数, ($Y_i > Y_{i-1}$)

又、いろいろなタイプの荷重(永久荷重、地震荷重等)が構造物に作用する場合、全1を1つの荷重作用面(例えば、軸力-曲げモーメント面)に変換すれば、その等確率密度線と限界状態の等確率密度線とから全体的な安全性の検討が行える。図-4は、軸力と曲げモーメントに関する相互作用図の一例である。

3. 結果

当日発表する。

。参考文献。

・尾根芳夫 訳: 終局強度理論による鉄筋コンクリート設計施工基準

・津田孝夫 著: モンテカルロ法とシミュレーション

・星谷 勝 著: 確率論的手法による構造解析

・F.K. Ligtenberg: Comparison between the procedure for structural design at level II and a design code at level I.

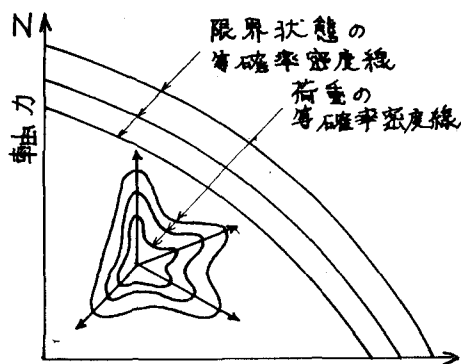


図-4. 相互作用図 曲げモーメント