

東北大学 学生員 小出 英夫
東北大学 正員 尾坂 芳夫
東北大学 学生員 菊地 身智雄

1. まえがき

現在、コンクリート構造の設計に用いられている許容応力度設計法は、各種限界状態に対する安全性を合理的に評価できない、組み合わせられた荷重の確率統計的性格の相異を考慮することができないなどの欠点を有しているため、より合理的な設計法である部分安全係数法の確立が急がれている。本研究では、軸力と曲げを受けるRC高架橋の柱を解析対象として、各設計変数のばらつきが限界状態のばらつきに及ぼす影響を調べ、さらに破壊の確率を安全性の尺度として部分安全係数を評価し、もって部分安全係数法の確立のための基礎的資料を得ることを目的とした。

解析フローチャート

2. 解析フロー

本解析におけるフローチャートを図-1に示す。入力としては、断面諸元、材料強度、耐力修正係数及び荷重(軸力、曲げモーメント)に関するデータを与え、二次モーメント法により、曲げ破壊に対する破壊確率(P_f)を計算する。そして特性値と、二次モーメント法で求められた設計値から、部分安全係数を求める。

3. 解析対象物に関する各種データ

本研究においては、高架橋の柱を解析対象とし、柱の断面は図-2のように設定した。これら断面諸元は、東北新幹線高架橋の柱を基に決定し、すべてのデータを確定値として取り扱った。軸方向引張鉄筋断面積(A_s)は、釣合鉄筋比の5%から20%をカバーするように4通りの場合を考え、いずれも $A_s = A'_s = A''_s$ とした。材料強度及び耐力修正係数は確率変数として取り扱い、そのデータを表-1に示す。鉄筋降伏点応力度については、2通りの場合を想定した。

4. 荷重データ

解析に用いるデータを表-2に示す。作用軸力(N)は、圧縮力(+)及び引張力(-)の2通りの場合について考えた。また、作用曲げモーメント(M)は、変動係数、分布形を変化させた9通りについて考えた。

5. 解析に用いた限界状態式

本研究で考慮する限界状態は、曲げ破壊による終局限界状態とし、 G -関数は(1)式で与えた。

$$G = \alpha_R \times R(\gamma_c, \gamma_s, N) - M \quad \text{--- (1)}$$

R : 曲げ終局耐力算定式

(1)式の α_R (耐力修正係数)は、耐力算定式から求めた終局曲げ耐力を実構造物の終局曲げ耐力に近づけるための確率変数である。この時、設計フォーマット式は(2)式で表わされる。

$$\alpha_R / \gamma_{Rk} \times R(f'_{ck} / \gamma_{mc}, \sigma_{yk} / \gamma_{ms}, N_k / \gamma_N) \geq f_{Mk} \times M_k \quad \text{--- (2)}$$

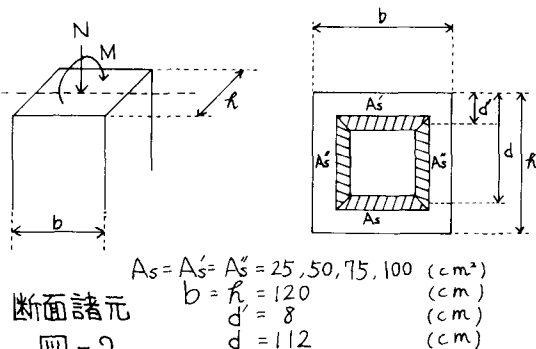


表-1 材料強度及び α_R の入力データ

	平均値	特性値	変動係数	分布形
コンクリート圧縮強度	320 ^{kg/cm²}	下側 5%	10%	正規
鉄筋(SD35)降伏応力度	3460 ^{kg/cm²}	フラクティル	6%	
			10%	
耐力修正係数 α_R	1.06		9.3%	

ここで、 $\gamma_{Rk}=1$ より $\gamma_M=\gamma_M \times \gamma_{Rk}$ とおくと(2)式は、
(3)式のように変形される。

$$R(\frac{f_{ck}}{f_{mc}}, \frac{\sigma_{syk}}{f_{ms}}, \frac{N_k}{f_N}) \geq \gamma_M \times M_k \quad \text{---(3)}$$

f_{mc} : コンクリート圧縮強度に関する部分安全係数
 f_{ms} : 鉄筋降伏応力度に関する部分安全係数
 f_N : 軸力に関する部分安全係数
 M : 曲げモーメントに関する部分安全係数
 添字kは特性値を表す

表-2 荷重入力データ

	平均値	特性値	変動係数	分布形	上限値
作用軸力(N)	+10% -10%	下側5% ワカタル	10%	正規	
作用曲げ モーメント (M)	80t	上側 5% ワカタル	25%	極値I型 最大値	
			50%		
			75%		
			25%	極値II型 最大値	下限値 0t
			50%		
			75%		
			25%	極値III型 最大値	上限値 平均値 + 5×標準偏差
			50%		
			75%		

6. 結果と考察

鉄筋比($A_s/bd=P$)と鉄骨比(P_b)による、 P_f の変化を図-3に示し、さらに部分安全係数の変化の一例を図-4、図-5に示す。図より、 M の分布形、軸力及び P/P_b の変化によって大きく P_f が変化することがわかる。また、目標とする P_f を P/P_b のみを変化させて、変化させると γ_M のみが変化する。これは、 M の設計値のみが大きく変化するためである。

M の変動係数($Cv(M)$)による、 P_f の変化を図-6に、部分安全係数の変化を図-7に、それぞれ $P/P_b=5.4\%$ 、 9.8% の2通りの場合について示す。 $Cv(M)$ の変化により、 P_f は大きく変化するにもかかわらず、部分安全係数の方は、 γ_M は大きく変化するが、 γ_{ms} 、 γ_{mc} 、 γ_N はほとんど変化しない。

鉄筋降伏応力度の変動係数($Cv(\sigma_{sy})$)による、 P_f の変化を図-8に、部分安全係数の変化を図-9に示す。 $Cv(\sigma_{sy})$ の変化により、 P_f は多少変化する、部分安全係数は $P/P_b=9.8\%$ の時、 γ_M のみが大きく変化した。

7. あとがき

本解析においては、ある目標の P_f を得るために、 P/P_b 、 $Cv(M)$ 、 $Cv(\sigma_{sy})$ を変化させたが、その時、部分安全係数のうち、大きく変化するの γ_M であり、他の部分安全係数はあまり変化しなかった。よって今後、設計条件によって大きく変化する γ_M に対しては、その値の決定を他の部分安全係数よりも、より慎重に行う必要があるであろう。

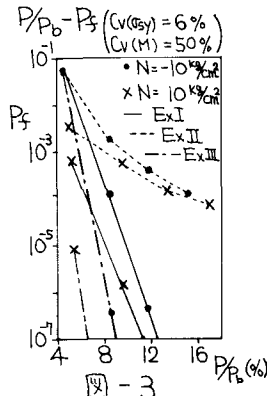


図-3

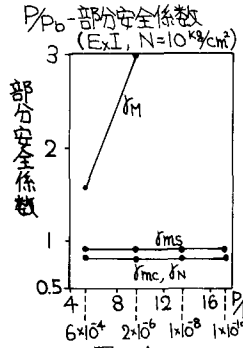


図-4

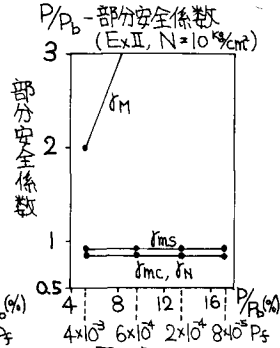


図-5

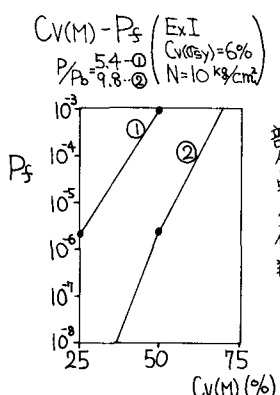


図-6

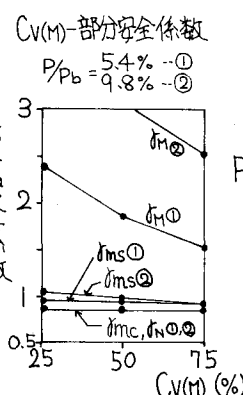


図-7

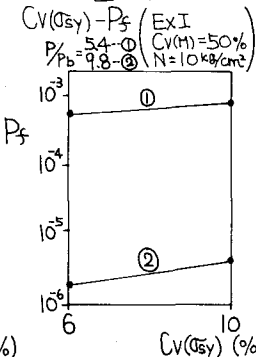


図-8

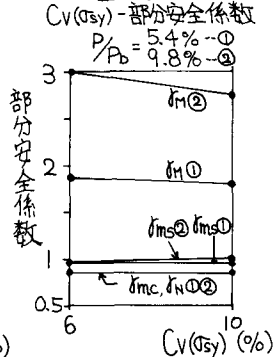


図-9