

I-637 RC橋脚の地震時保有耐力に影響を及ぼす諸要因

東洋技研コンサルタント(株) 正員 ○宮崎平和 吉田公憲

正員 島田 功 味好 渉

1. まえがき

RC構造物の耐震安全性は、部材の有する最大耐力とともに弾塑性域での変形能力の大きさを評価できることが知られている。この度の耐震設計基準¹⁾では、橋脚の設計に、保有耐力の検討としてその考えが盛り込まれている。しかし、橋脚の弾塑性変形能力の大きさを定量的に評価できる方法はまだ確立されていない。本研究は、設計基準に示されている保有耐力を一つの指標として、①断面形状、②軸圧縮応力、③側面鉄筋量、④かぶりコンクリートの厚さ、⑤コンクリート強度 が保有耐力に及ぼす影響を調べ、最適な断面諸元について考察を加えたものである。

2. 解析方法および入力データ

RC橋脚の曲げ解析では、断面を層に分割し、平面保持の仮定のもとで非線形な 応力-ひずみ 関係を導入して、曲率(ϕ)に対する曲げモーメント(M)を算定した。解析に用いた 応力-ひずみ 関係は図-3のとうりである。橋脚の高さ方向にも分割し、図-2のように各分割点での曲率を上記の関係を用いて曲げモーメントに対応して定め、曲率の積分により橋脚先端の変位を定めた。

地震時保有水平耐力(P_a)、慣性力(P)はそれぞれ式(1)、(2)によって定め、

$$P_a = P_y + (P_u - P_y) / 1.5 \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$P = Khe \cdot (W_u + 0.5 \cdot W_p) \quad \dots\dots\dots (2)$$

ここに、 $Khe = Khc / \sqrt{2\mu - 1}$

Khc は保有耐力の照査に用いる設計水平震度

μ は許容塑性率で $\mu = 1 + (\delta u - \delta y) / (1.5 \cdot \delta y)$

安全度(S) = P_a / P によって耐震性を評価した。

解析に用いた構造諸元などを表-1に示す。上部工の重量は、橋脚下端(図-1のA-A断面)で引張鉄筋および圧縮コンクリート応力がそれぞれ許容応力となるような断面に対応して、設計水平震度(Kh)=0.25のもとで設定した。

表-1 入力データ

コンクリートの設計基準強度(σ_{ck})	240 kg/cm ² 350 kg/cm ²
許容応力度(σ_{ca})	$\sigma_{ck} / 2$
鉄筋の降伏応力(σ_{sy})	3500 kg/cm ²
" 許容応力度(σ_{sa})	3000 kg/cm ²
" ヤング率(E_s)	2.1×10^6 kg/cm ²
かぶりコンクリート厚	0.1a 又は 0.05a
地盤種別	II種

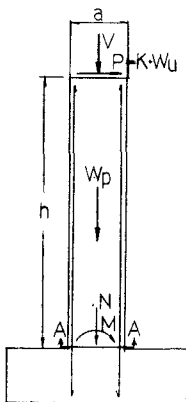


図-1 RC橋脚

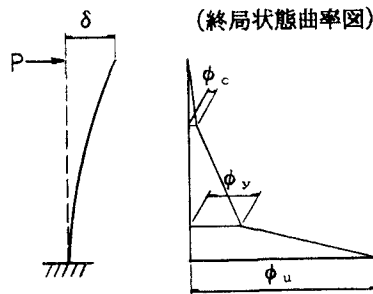


図-2 曲げ変形の求め方

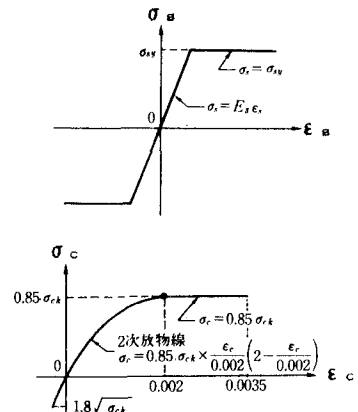


図-3 応力-ひずみ

1) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説、V 耐震設計編、平成2年2月

3. 要因分析

3.1 断面形状による影響： 図-4に示す3種類の断面について、標準設計断面に対する保有耐力の照査と、安全率(S)=1となるための必要鉄筋量を求め、結果を表-2にまとめた。図-5は $S=1$ となる時の $M-\phi$ 関係である。標準設計断面では、共に保有耐力を満足していないことがわかる。許容塑性率(μ)は矩形<円<ひし形の順である。尚、ここでは、矩形断面の標準設計に側面鉄筋を考慮している。

3.2 側面鉄筋と軸圧縮応力による影響： 矩形断面について、一般の設計で行うように側面鉄筋を無視した標準設計のもとで、保有耐力に及ぼす標記の影響を調べた。表-3の結果より保有耐力に及ぼす側面鉄筋の影響が大きいことがわかる。図-6は、安全率(S)=1となる鉄筋量を示したものであるが、鉄筋量を最小とする鉄筋配置（最適断面）の存在することがわかる。

3.3 かぶりコンクリート厚さおよびコンクリート強度による影響： 矩形断面について標記の影響を調べ、安全率(S)=1となる鉄筋量を求め、図-7, 8にまとめた。かぶり厚さを小さくすると、少ない側面鉄筋で最適断面が得られるようである。また、コンクリート強度を上げると保有耐力を増加することが出来ることがわかる。

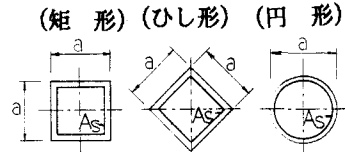


図-4 検討断面

表-2 断面形状による影響

軸圧縮応力		N/A=5kg/cm ²			N/A=10kg/cm ²		
		形状	矩形	ひし形	円	矩形	ひし形
標準	A _s	1.75%	0.48%	1.14%	0.58%	0.08%	0.56%
設計	μ	1.96	2.63	2.09	2.09	2.63	2.55
断面	S	0.70	0.94	0.78	0.71	0.77	0.77
S =1	A _s	3.02%	0.62%	1.65%	1.10%	0.35%	0.96%
	μ	1.68	2.40	1.94	1.71	1.97	2.05

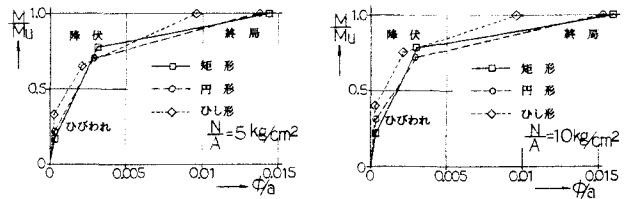


図-5 $M-\phi$ 関係

軸圧縮応力		$N/A=5\text{kg/cm}^2$			$N/A=10\text{kg/cm}^2$		
As'/As		0	0.5	1.0	0	0.5	1.0
標準	As		1.75%			1.18%	
設計	μ	1.41	1.84	1.80	1.53	1.76	1.69
断面	S	0.47	0.72	0.86	0.50	0.72	0.85
$S=1$	As	4.40%	2.80%	2.20%	3.20%	1.95%	1.55%
	μ	1.24	1.48	1.53	1.28	1.55	1.58

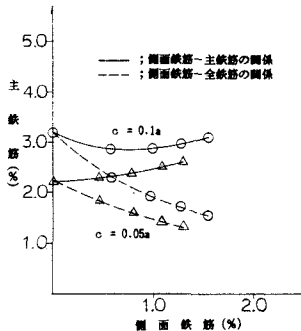


図-7 安全率(S)=1となる鉄筋量の関係（かぶりによる変化）

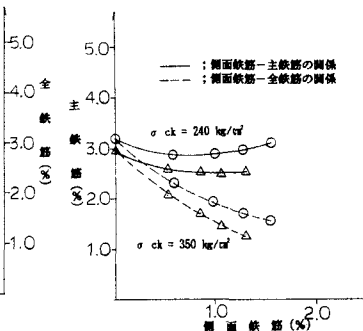


図-8 安全率(S)=1となる鉄筋量の関係（コンクリート強度による変化）

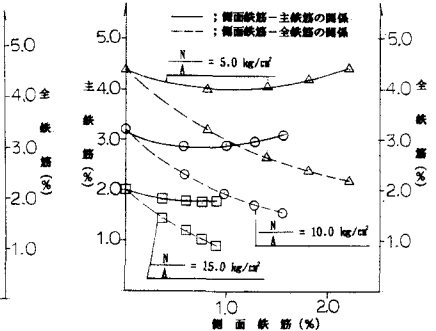


図-6 安全率(S)=1となる鉄筋量の関係（軸力による変化）

4. まとめ

設計基準に設けられた保有耐力に影響を及ぼす諸要因の分析を、数値シミュレーションにより行い、許容塑性率が矩形<円<ひし形断面の順であること、標準設計断面で保有耐力を得るためには十分な側面鉄筋量を必要とすること、かぶり厚さおよびコンクリート強度の保有耐力に及ぼす影響が大きいこと、などを指摘することができた。