

東洋技研コンサルタント(株)

正員 ○中野 晴之

〃 〃 島田 功

〃 〃 宮崎 平和

〃 〃 弓戸 秀規

1. まえがき

鉄筋コンクリート(以下 R C)部材の耐震安全性は、耐力だけでなく部材降伏後の変形能力を大きくすることの重要性が認識されてきた。ラーメン橋脚は、不静定構造物であるため、部分的な塑性化が始まると応力の再分配が行われ、高いじん性と耐荷力を発揮するのではないかと考えられていたが、先般の兵庫県南部地震で、R C ラーメン橋脚およびラーメン高架橋に被害が生じた事例¹⁾が報告されており、ラーメン橋脚についても鉄筋の降伏点を越えた非線形領域における耐力および変形性能を検討しておく必要があることが認識された。筆者は、一層一径間の等脚、不等脚ラーメン橋脚モデルについて、ひびわれや鉄筋降伏などの材料非線形を考慮し、かぶりコンクリートが剝離するまでの追跡を行い、終局時の崩壊メカニズム、耐震安全性が低いものも見られることなどを指摘した^{2) 3)}。

本報告は、等脚ラーメン橋脚モデルを対象にして、上部工反力、ラーメン支間、柱高をパラメータとして面内方向の水平変位を逐次増分させる方法で、同様な追跡を行い、耐力、変形性能を検討したものである。

2. 解析モデル

2.1 材料特性:

コンクリート、鉄筋の応力-ひずみ関係を図-1、表-1の様に仮定した。

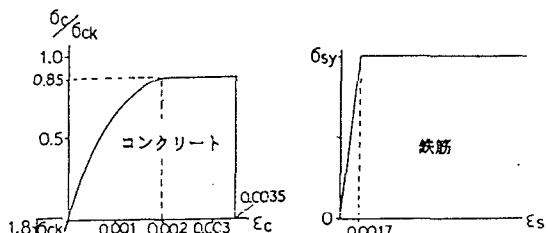


図-1 応力-ひずみ関係

表-1 材料

コンクリート	σ_{ck}
設計基準強度	240 kgf/cm ²
鉄筋	σ_{sy}
S D 3 4 5	3500 kgf/cm ²

2.2 等脚ラーメン橋脚: 図-2、表-2に示すモデルを仮定した。水平荷重は、はり上端からさらに2 mの位置(上部工の重心位置)に作用させた。

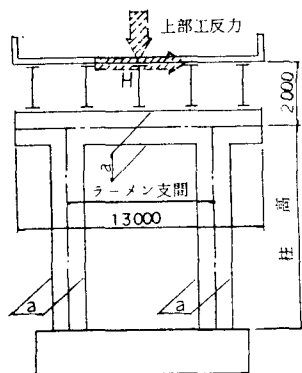


図-2 橋脚モデル

表-2 断面構成

ケース		1	2	3	4	5
上部工反力		300 tf	300 tf	500 tf	500 tf	500 tf
ラーメン支間		5.0 m	7.0 m	7.0 m	7.0 m	7.0 m
柱 高		10.0 m	10.0 m	7.0 m	10.0 m	13.0 m
梁	axb	100x160	110x160	110x170	120x200	120x210
	鉄筋	As = 135cm ²	As = 135cm ²	As = 150cm ²	As = 200cm ²	As = 225cm ²
	量	As' = 30cm ²	As' = 30cm ²	As' = 35cm ²	As' = 35cm ²	As' = 35cm ²
柱	axb	130x160	130x160	150x170	120x200	170x210
	鉄筋	As = 85cm ²	As = 80cm ²	As = 70cm ²	As = 140cm ²	As = 140cm ²
	量	As' = 105cm ²	As' = 110cm ²	As' = 95cm ²	As' = 140cm ²	As' = 170cm ²

注) 各部材の設計断面で概ね釣合鉄筋状態である。

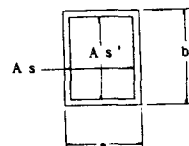
設計条件:

設計水平震度 $K_h = 0.25$ (II種地盤)

許容応力 $\sigma_{ca} = 120 \text{ kgf/cm}^2$

$\sigma_{sa} = 3000 \text{ kgf/cm}^2$

かぶり = 15 cm



2.3 解析手法: 各追跡段階において、部材に設けた選点(図-3)で平面保持の仮定のもとに図-1の関係を用いて断面力と剛度の関係の収束値を求め、選点間でそれらの平均値をもつ変断面部材として解析した。

3. 解析結果

図-4は、水平荷重作用位置の荷重-変位、柱の軸力変化、柱の分担水平力、および柱の曲げモーメントの変化を示したものである。図-5には、部材端のひびわれ発生や引張鉄筋降伏時の水平荷重(H)を示した。

表-3は主要状態の荷重と変位をまとめたものである。

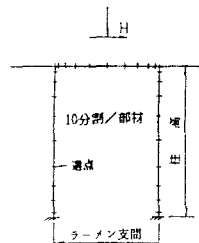


図-3 部材の選点配置

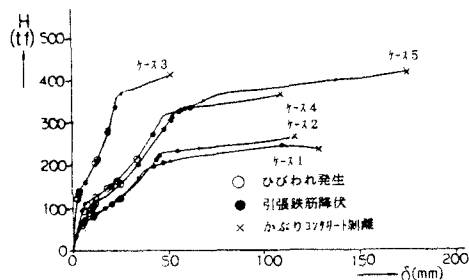


図-4 (a) 荷重-変位

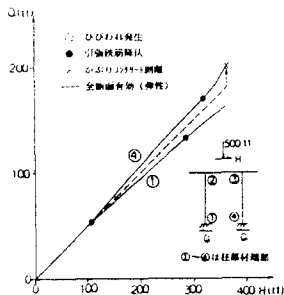


図-4 (b) 荷重-柱下端せん断力(ケース4)

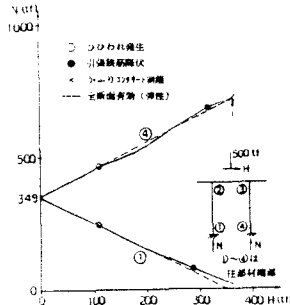


図-4 (c) 荷重-柱下端軸力(ケース4)

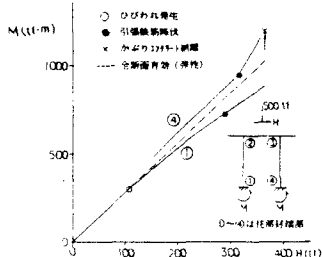


図-4 (d) 荷重-柱下端曲げモーメント(ケース4)

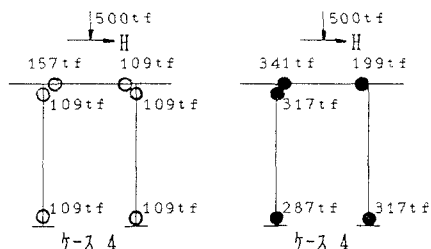


図-5 ひびわれ発生荷重(H) ○印位置
引張鉄筋降伏荷重(H) ●印位置

表-3 主要状態の水平荷重(H)と水平変位(δ)

ケース	H_y (tf)	δ_y (mm)	H_u (tf)	δ_u (mm)	μ	S
1	202	43	235	129	2.33	1.17
2	209	45	263	117	2.07	1.19
3	282	19	410	52	2.12	0.79
4	287	48	365	110	1.86	1.02
5	339	56	420	175	2.43	1.37

H_y, δ_y ; 柱の鉄筋が降伏したときの荷重と変位

H_u, δ_u ; 柱のかぶりコンクリートが剥離したときの荷重と変位

μ ; 許容塑性率, S; 耐震安全率

4. あとがき

耐震設計したラーメン式橋脚も、その形状や設計荷重によって保有水平耐力が異なる。特に、柱高さの影響が大きい(ケース3, 4, 5参照)。柱高さが低いケース3は、じん性に乏しく耐震安全率が1以下である。柱高さが高いケース5は、梁の主鉄筋量のみならず柱の側面鉄筋量も多く、じん性に富んでいる。柱高さが等しいケース1, 2, 4(柱高さが10m)の耐震安全率は近い値である。しかし、安全率は1を若干上回る程度であり、十分な耐震安全性を有しているとは言い難い。

1) 土木学会: 阪神大震災震害調査緊急報告会資料, 1994.

2) 中野、島田、宮崎、弓戸: R C不等脚ラーメン橋脚の水平耐力について、H6年度土木学会関西支部年次学術講演会, 1994.

3) 宮崎、島田、中野、弓戸: R Cラーメン式橋脚の水平耐力に関する一検討、土木学会第49回年次学術講演会, 1994.