

I-828

RCラーメン式橋脚の地震時保有水平耐力の一推定法

東洋技研コンサルタント（株） 正員 宮崎 平和 正員 島田 功
 東洋技研コンサルタント（株） 正員 中野 晴之 正員 弓戸 秀規

1. まえがき

鉄筋コンクリート（以下RC）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¹⁾。ところで、ラーメン式橋脚は、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配分が行われ、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、RCラーメン式橋脚およびラーメン高架橋に被害が生じた事例²⁾が報告されており、ラーメン式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、既に一層一径間の等脚、不等脚ラーメン式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により、終局に至るメカニズム、変形性能などを検討し耐震安全性が低いものも見られること、塑性化に伴う断面力再配分が少くないことなどを指摘した³⁾。

本報告は、等脚ラーメン式橋脚モデルを対象にして、①上部工反力、ラーメン支間、柱高をパラメータとして、耐力、変形性能、耐震安全性を検討するとともに、②非線形領域での断面力再配分を無視した簡易な手法による地震時保有水平耐力の推定法を提案し、その実用性を確認するものである。

2. 解析モデルと方法

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。

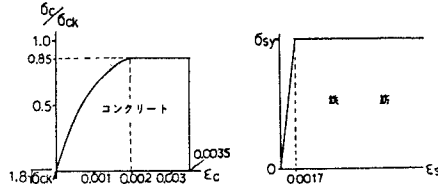


図-1 応力-ひずみ関係

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 ラーメン式橋脚モデル：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2mの位置（上部工の重心位置）に作用させた。

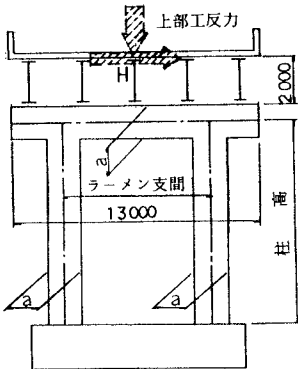


図-2 橋脚モデル

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
	鉄筋量	As = 135cm ² As' = 30cm ²	As = 135cm ² As' = 30cm ²	As = 150cm ² As' = 35cm ²	As = 200cm ² As' = 35cm ²	As = 225cm ² As' = 35cm ²
柱	axb	130x160	130x160	150x170	120x200	170x210
	鉄筋量	As = 85cm ² As' = 105cm ²	As = 80cm ² As' = 110cm ²	As = 70cm ² As' = 95cm ²	As = 140cm ² As' = 140cm 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 Kh=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 = 15cm

2.3 方法①-追跡計算手法：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。

2.4 方法②-提案推定法：各部材の断面力分布が線形関係を保つ（再配分を無視）ものと仮定し、下端で固定された各柱部材（i）の上端における水平せん断力（Qi）と変位（δi）との関係（図-4）を設定する。ラーメン式橋脚の水平荷重（H）は、各柱が上端で同じ水平変位（δ）となる条件より、

$$H = \sum_i Q_i \delta_i \text{ として求める。}$$

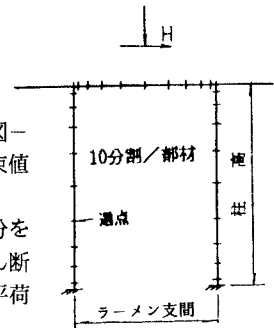


図-3 部材の選点配置

3. 解析結果

図-5は、方法①により追跡した柱の軸力、柱の分担水平力、柱の曲げモーメントの変化、および水平荷重作用位置の荷重-変位関係を示したものである。これらの結果より、非線形領域における断面力の再配分は少ないことが分かる。図-6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は方法①、②で求めた主要状態の荷重と変位をまとめたものである。

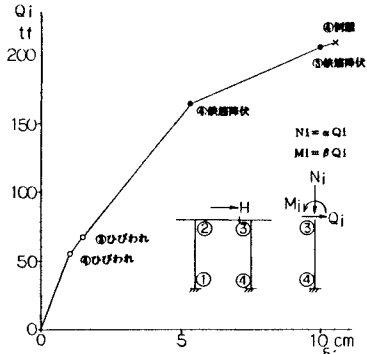


図-4 Q-δの関係(方法①-ケース4)

表-3 主要状態の水平荷重(H)と水平変位(δ)

ケース	方法	H _y (tf)	δ _y (mm)	H _u (tf)	δ _u (mm)	μ	S
1	①	202	43	235	129	2.33	1.17
	②	204	44	270	102	1.88	1.13
2	①	209	45	263	117	2.07	1.19
	②	206	45	272	109	1.93	1.16
3	①	282	19	410	52	2.12	0.79
	②	304	19	403	50	2.10	0.79
4	①	287	48	365	110	1.86	1.02
	②	283	48	364	106	1.79	0.98
5	①	339	56	420	175	2.43	1.37
	②	354	56	471	144	2.04	1.34

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剝離したときの荷重と変位
 μ; 許容塑性率, S; 耐震安全率

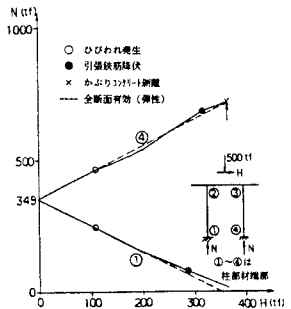


図-5 (a) 荷重-柱下端軸力(方法①-ケース4)

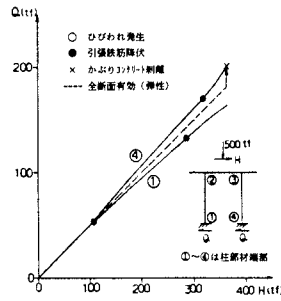


図-5 (b) 荷重-柱下端せん断力(方法①-ケース4)

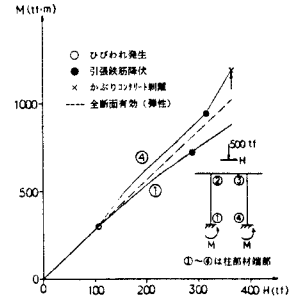


図-5 (c) 荷重-柱下端曲げモーメント(方法①-ケース4)

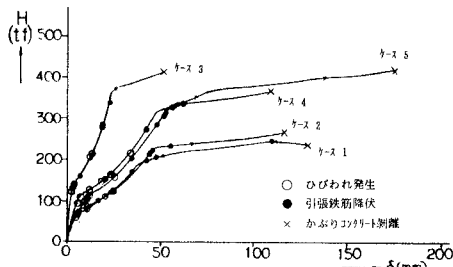


図-5 (d) 荷重-変位(方法①)

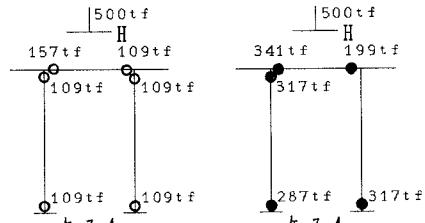


図-6 ひびわれ発生荷重(H) ○印位置
 引張鉄筋降伏荷重(H) ●印位置

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耐力、変形能が異なり、耐震安全率が1以下となるものも散見される。特に柱高の影響が大きく(ケース3, 4, 5参照)、柱高が低いケース3は、変形能に乏しく安全率も小さい。ここで提案した簡易な地震時保有水平耐力の推定法②は、耐震安全率について、方法①に対し数%の誤差(安全側の評価)であり、実用的な方法であると言える。

- 1) 日本道路協会: 道路橋示方書・同解説 V耐震設計編, 1990.
- 2) 土木学会: 阪神大震災震害調査緊急報告会資料, 1995.
- 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.