

静的解析に基づく鋼製門形ラーメン橋脚の耐震設計法に関する研究

長崎大学大学院 学生会員 ○永田 朋子
 長崎大学工学部 正会員 中村 聖三
 長崎大学工学部 フェロー 高橋 和雄
 長崎大学研究生 学生会員 Osman Tunc Cetinkaya

1. はじめに

平成 14 年に新たに改訂された道路橋示方書では、鋼製橋脚の耐震照査法は、動的解析を行うよう規定されている。しかし、設計当初から動的解析を用いることは煩雑であることから、耐震設計の初期段階において静的解析により断面決定を行えることが望まれる。そこで、著者ら¹⁾は、鋼製 1 層門形ラーメン橋脚の弾塑性最大応答変位の推定方法として、エネルギー一定則に着目し、その適用性について検討を行い、その結果をもとに、Level 2 地震動における 1 層門形ラーメン橋脚の静的解析に基づく耐震設計法を提案した。本研究では、これまでの図-1 のような鋼製 2 層門形ラーメン橋脚を対象とした提案法の適用性の検討結果²⁾に基づいて提案法の修正を行い、その妥当性を検討した。

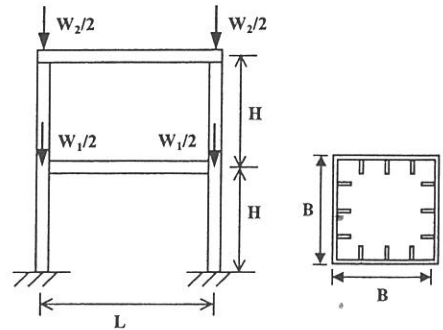
2. 耐震設計法

図-2 は、文献 1) の静的解析に基づく弾塑性最大応答変位の簡易推定法の流れを示したものである。この簡易推定法は、応答スペクトル法から最大ひずみエネルギーを算出し、Pushover 解析から得られる弾塑性時の水平荷重-水平変位関係に対してエネルギー一定則を適用するとともに補正係数を用いて弾塑性最大応答変位を推定するものである。これまでの提案法では、ラーメン橋脚のエネルギー吸収性能に大きな影響を及ぼすと考えられる損傷モードにより異なる補正係数を用いていた。しかし、1 層、2 層ラーメン橋脚の検討結果および提案耐震設計法の目的が設計の初期段階における断面決定であるということを勘案し、損傷モードを考慮しない補正係数へと修正を行った。修正した補正係数を、表-1 に示す。図-3 は、図-2 に示す弾塑性最大応答変位の簡易推定法および残留変位推定式を準用した Level 2 の地震動に対する鋼製門形ラーメン橋脚の静的解析に基づく耐震設計法の流れである。図-3 に示した流れでは、概略設計の結果に対してどの程度の安全余裕を見こむかにより、設計者が弾塑性最大応答変位と残留変位の推定法の組合せを決定することを想定している。安全余裕に応じた推定法の組合せは表-2 に示す。残留変位は、既往の研究により提案されているコンクリートを充填しない単柱式鋼製橋脚の残留変位推定式³⁾に推定最大応答変位を代入して算定する。

$$\frac{\delta_R}{\delta_y} = \tan \left(0.208 \frac{\delta_{max}}{\delta_y} - 1.46 \right) + 2.7 \geq 0.0 \quad (1)$$

$$\frac{\delta_R}{\delta_y} = 3.37 \tan \left[0.0879 \left(\frac{\delta_{max}}{\delta_y} - 1 \right) \right] \geq 0.0 \quad (2)$$

ここに、 δ_R ：残留変位、 δ_y ：降伏変位、 δ_{max} ：弾塑性最大応答変位であり、(1)式は最安全側（下限値相当）、(2)式は平均的（平均値相当）な推定値を与える式である。



モデル	B	H	L	R_R	R_F	$\bar{\lambda}$	k
1	1.6	7.33	11	0.3	0.25	0.3	1.5
2	1.6	9.77	19.54	0.3	0.3	0.4	2
3	1.6	6.13	6.13	0.35	0.3	0.25	1
4	1.6	7.35	11	0.35	0.3	0.3	1.5
5	1.6	9.87	19.73	0.35	0.35	0.4	2
6	1.6	7.42	11.12	0.4	0.35	0.3	1.5
7	1.6	9.94	9.94	0.4	0.4	0.4	1
8	1.6	7.43	7.43	0.45	0.35	0.3	1.5
9	1.6	9.95	9.95	0.45	0.4	0.4	2
10	1.6	7.5	7.5	0.5	0.45	0.3	1.5

図-1 検討対象橋脚

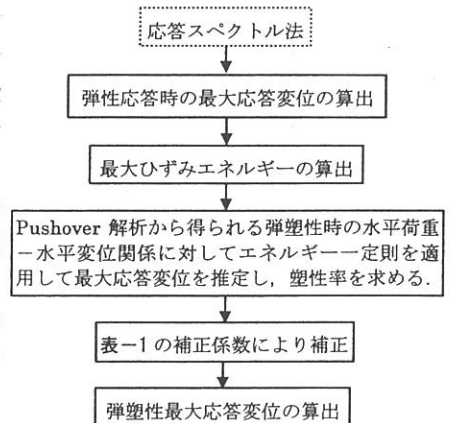


図-2 弾塑性最大応答変位推定法

3. 検討結果と考察

例として、安全余裕：中の設計（表-2）の結果を示す。図-4, 5 はそれぞれ、弾塑性動的応答解析から得られる最大応答変位 (δ_{DPA}/δ_y) と推定最大応答変位 (δ'_{SPO}/δ_y) の関係、弾塑性動的応答解析から得られる残留変位 (δ_{RDA}/δ_y) と (2) 式を用いて算出した推定残留変位 (δ'_R/δ_y) の関係を示したものである。両図とも、以前提案した補正係数を用いた結果（修正前）と表-1 に示す補正係数を用いた結果（修正後）を比較して示している。

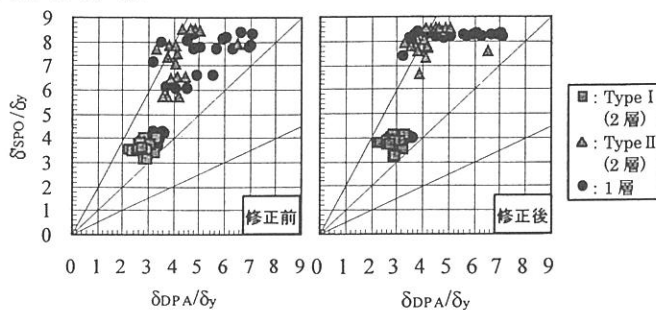


図-4 最大応答変位の比較

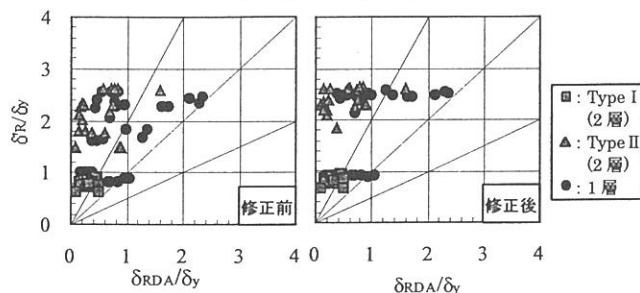


図-5 残留変位の比較

損傷モードを考慮しない修正した補正係数を用いて最大応答変位、残留変位を推定した結果は、1層および2層ともに修正前よりも全体的に安全側となった。しかし、両者の差はそれほど大きいものではなく、初期断面の決定という提案法の目的に対しては、十分な精度であると考えられる。残留変位推定法に関しては、用いた推定最大応答変位の値が修正前に比べ大きくなっていることから、安全余裕：中に対して推定した残留変位の多くの結果は、過度に安全側になっていると考えられる。残留変位の推定法については今後さらなる検討を行う予定である。

参考文献

- Shozo, N et al.: A Simplified Seismic Design Method for Steel Portal Frame Bridge Piers The 7th Joint Symposium of Nagasaki University, and Cheju National University on Science and Technology, pp.39-44, 2002.5.
- 永田朋子他：静的解析に基づく鋼製2層ラーメン橋脚の耐震設計法に関する考察，鋼構造年次論文報告集，第10巻，pp419-426, 2002.11.
- 宇佐美勉他：ハイダクティリティー鋼製橋脚の耐震性能に関する実験的研究，土木学会論文集，No.591/I-43, pp.207-218, 1998.4.

表-1 補正係数

下限値相当	
Type I	$f(\mu_E)=1/(0.0144\mu_E^2-0.0032\mu_E+1)$
Type II	$f(\mu_E)=1/(0.0033\mu_E^2+0.0025\mu_E+1)$
平均値相当	
Type I	$f(\mu_E)=1/(0.0113\mu_E^2+0.0899\mu_E+1)$
Type II	$f(\mu_E)=1/(0.002\mu_E^2+0.0918\mu_E+1)$

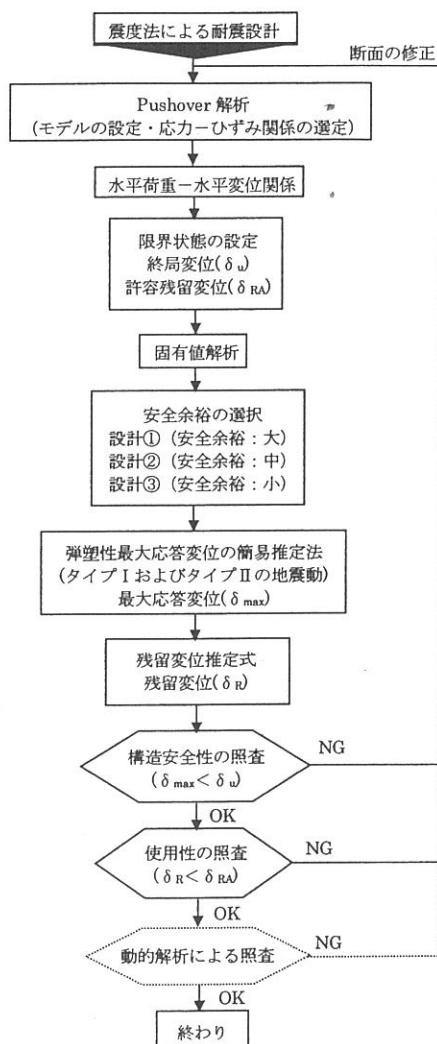


図-3 耐震設計法の流れ

表-2 推定法の組合せ

安全余裕	最大応答変位	残留変位
大	下限(表-1)	下限((1)式)
中	下限(表-1)	平均((2)式)
小	平均(表-1)	平均((2)式)