

## 鋼製2層門形ラーメン橋脚の弾塑性最大応答変位と残留変位の推定法

長崎大学工学部 学生会員 永田 朋子  
 長崎大学工学部 F10-会員 高橋 和雄

長崎大学工学部 正会員 中村 聖三

### 1. はじめに

著者らは、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動的解析（時刻歴応答解析）を必要としない耐震設計法を提案した<sup>1)</sup>。しかし、検討したモデルは1次モード卓越型の構造・1層1径間の橋脚という限定されたものであった。そこで、本研究では、鋼製2層門形ラーメン橋脚を対象とし、提案した動的解析（時刻歴応答解析）を必要としない耐震設計法の適用性を検討した。なお、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<sup>2)</sup>に前述した提案法により推定した最大応答変位を用いて算定したものである。

### 2. 検討内容

図-1に示すような、種地盤上に建設される鋼製2層門形ラーメン橋脚を対象とし、震度法により表-1のような10種類の橋脚諸元を決定した。パラメータの値は実績調査結果<sup>3)</sup>をもとに決定し、上部構造重量は、 $W_1=W_2$ として曲げと軸力を受ける部材の安定照査式により計算した。また、解析は、ファイバーモデルを用いて行い、鋼材の応力-ひずみ関係は、土木学会鋼構造委員会・鋼構造新技術小委員会・耐震設計研究WG<sup>4)</sup>で提案されている降伏棚およびひずみ硬化を考慮したものを使用した。鋼材はSM490Yと仮定した。高さ方向の震度分布については、取り扱いが容易な一様分布を用いた。

### 3. 耐震設計法

図-2は、文献1)の動的解析（時刻歴応答解析）を必要としない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、道示<sup>5)</sup>に示されているタイプおよびタイプ地震動の標準加速度応答スペクトル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表-2に示す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。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（例えば(1)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が、ここでは、安全側かつ比較的精度が良く推定できる安全余裕：中の設計（最大応答変位の推定式-補正係数下限

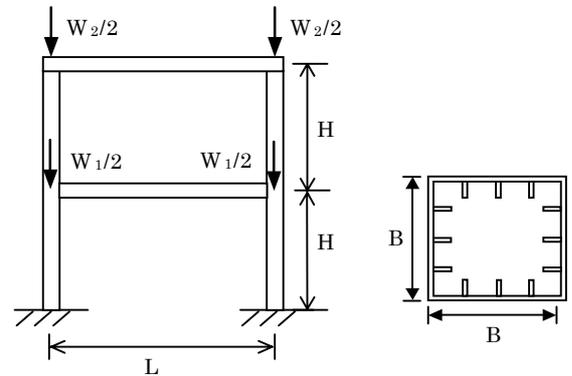


図-1 検討対象橋脚

表-1 橋脚諸元

モデル	B	H	L	R <sub>R</sub>	R <sub>F</sub>	—	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

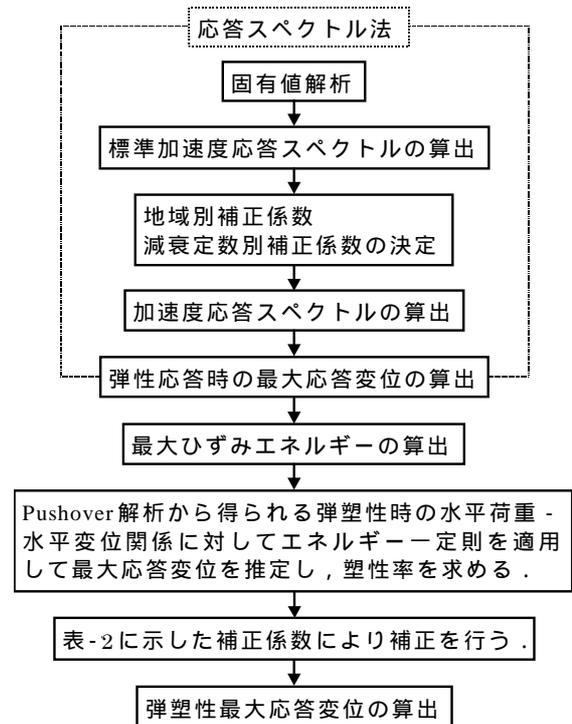


図-2 弾塑性最大応答変位推定法の流れ

キ-ワ-ド：鋼製ラーメン橋脚，エネルギー一定則，弾塑性最大応答変位，残留変位，加速度応答スペクトル  
 連絡先：〒852-8521 長崎市文教町 1-14 長崎大学工学部社会開発工学科 Tel 095-848-1111(内)2710, Fax 095-848-3624

値相当，残留変位推定式 平均値相当(1式)を採用することとした。

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

ここに， $\delta_R$ ：残留変位， $\delta_y$ ：降伏変位， $\delta_{\max}$ ：弾塑性最大応答変位である。

4. 検討結果

例として，図-4にモデル1~5に対する弾塑性動的応答解析から得られる種地盤のタイプ1,2地震動(3波)ごとの最大応答変位( $\delta_{DPA}$ )および補正係数を用いて算出した推定最大応答変位( $\delta_{SPO}$ )，弾塑性動的応答解析から得られる残留変位( $\delta_{RDA}/\delta_y$ )および残留変位推定式[(1)式]を用いて算出した推定残留変位の関係をそれぞれ示した。また図-4には1層ラーメン橋脚に対するものも示した。1層はほぼ安全側に推定されているのに対し，2層の場合，最大応答変位，残留変位ともに危険側の推定結果が多くなっている。

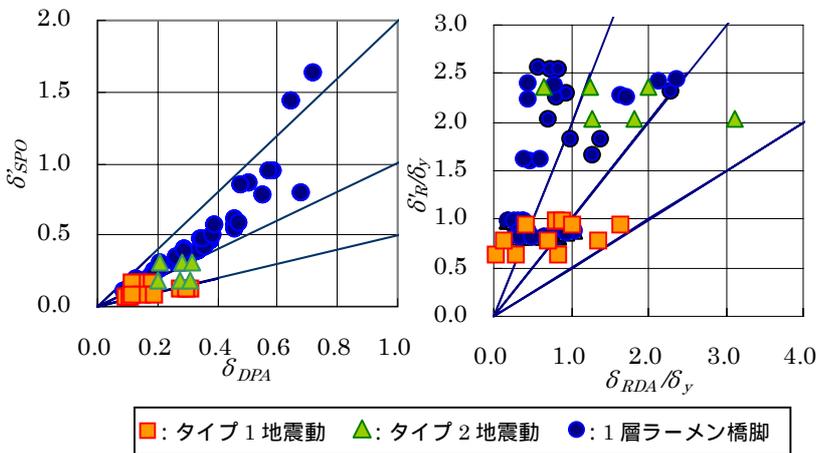


図-4 最大応答変位，残留変位の比較

今回検討した結果を見る限り，提案した耐震設計法は，2層門形ラーメン橋脚に対してそのまま適用できない可能性があるから，今後，種地盤の地震動に対して表-1に示すその他のモデルの解析を実施することにより，その適用性を判断する予定である。その結果は講演当日に報告する。

参考文献

- 1) 伊田義隆他：鋼製ラーメン橋脚に対するエネルギー定則の適用性に関する考察，鋼構造年次論文報告集，第8巻，pp.277-284，2000.11.
- 2) 宇佐美勉他：Pushover解析と等価1自由度モデルによる鋼製ラーメン橋脚の耐震照査法，土木学会論文集，No.626/I-48，pp.231-240，1999.7.
- 3) 中井博，河井章好，吉川紀，北田俊行，酒造敏廣：鋼製ラーメン橋脚実績調査(上)(下)，橋梁と基礎 Vol.16, No.6, pp.35-40, 1982.6., Vol.16, No.7, pp.43-49, 1982.7.
- 4) 土木学会鋼構造委員会・鋼構造新技術小委員会・耐震設計研究WG(主査：宇佐美勉)：鋼橋の耐震設計指針案と耐震設計のための新技術，1996.7
- 5) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 耐震設計，丸善，1996.12.

表-2 補正係数(下限値相当)

CASE1	Type	$f(\mu_E)=1/(0.0201\mu_E^2-0.0493\mu_E+1)$
	Type	$f(\mu_E)=1/(0.0034\mu_E^2+0.0079\mu_E+1)$
CASE2	Type	$f(\mu_E)=1/(0.0132\mu_E^2+0.0182\mu_E+1)$
	Type	$f(\mu_E)=1/(0.0028\mu_E^2+0.0115\mu_E+1)$
CASE3	Type	$f(\mu_E)=1/(0.0139\mu_E^2+0.0269\mu_E+1)$
	Type	$f(\mu_E)=1/(0.0018\mu_E^2+0.0659\mu_E+1)$

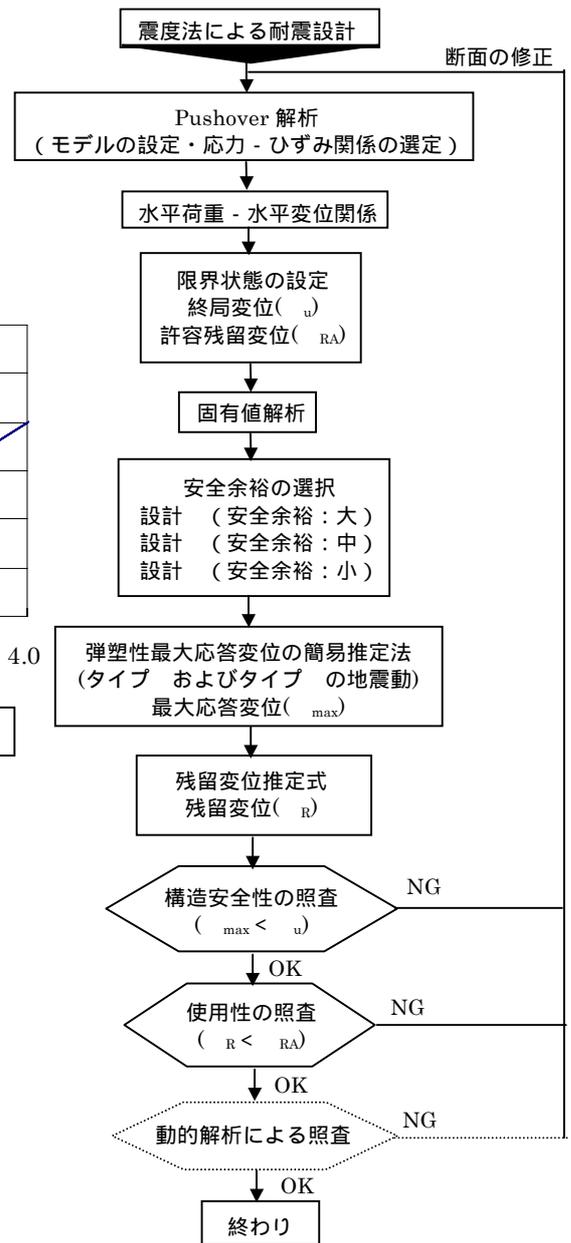


図-3 耐震設計法の流れ