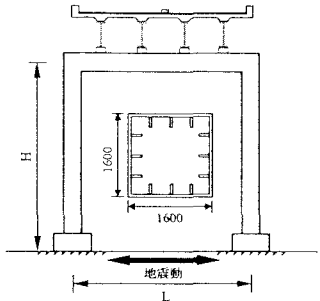


鋼製門型ラーメン橋脚の弾塑性最大応答変位の簡易推定法

長崎大学大学院 学生会員 ○伊田 義隆
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

1. はじめに

著者らは、図-1に示すような鋼製門型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¹⁾に着目し、その適用性について検討を行ってきた²⁾。本研究では、エネルギー一定則を基にして推定した場合、また変位一定則¹⁾を適用して推定した場合の弾塑性最大応答変位の推定精度を比較した。その結果、エネルギー一定則と表-1に示す補正係数を用いたものが最も精度よく最大応答変位を推定できることがわかった。そこで、この補正係数を用いて道路橋示方書・同解説 V耐震設計編(以下、道示V)³⁾に示される加速度応答スペクトルを利用した動的解析(時刻歴応答解析)を必要としない弾塑性最大応答変位の推定法を提案し、その妥当性を検証した。



Model No.	H (m)	L (m)	$\bar{\lambda}$	R_R	R_F
1	8	20	0.26	0.34	0.25
2	10	20	0.32	0.31	0.31
3	12	9	0.38	0.54	0.33
4	12	25	0.39	0.34	0.20
5	13	10	0.41	0.54	0.52
6	15	15	0.48	0.48	0.31
7	16	15	0.50	0.48	0.46
8	18	8	0.58	0.40	0.27
9	20	20	0.63	0.48	0.46
10	23	20	0.75	0.34	0.20

$\bar{\lambda}$: 細長比パラメータ
 R_R : 補剛材間の板パネルの幅厚比パラメータ
 R_F : 補剛板の幅厚比パラメータ

2. 経験則の適用性

文献²⁾において、エネルギー一定則を適用して弾塑性最大応答変位を推定した場合、過度に安全側の結果となることがあることから表-1に示すような補正係数を提案し、この補正係数により補正を行うことで推定精度が向上することを述べた。補正係数の誘導過程およびその分類については、文献²⁾を参照されたい。ここでは、もう一つの代表的経験則である変位一定則の適用性について検討するとともに、エネルギー一定則を基にした推定結果と比較を行う。

図-1 検討対象橋脚

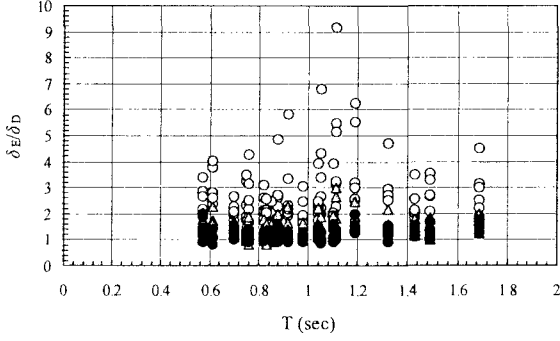
表-1 補正係数

CASE1	Type I	$f(\mu_E)=1/(0.00624\mu_E^2+0.08102\mu_E+1)$
	Type II	$f(\mu_E)=1/(0.00506\mu_E^2-0.01170\mu_E+1)$
CASE2	Type I	$f(\mu_E)=1/(0.01486\mu_E^2+0.02335\mu_E+1)$
	Type II	$f(\mu_E)=1/(0.00376\mu_E^2+0.00266\mu_E+1)$
CASE3	Type I	$f(\mu_E)=1/(0.02261\mu_E^2-0.05169\mu_E+1)$
	Type II	$f(\mu_E)=1/(0.00227\mu_E^2+0.07410\mu_E+1)$

図-2は、横軸に固有周期(T)、縦軸にエネルギー一定則、変位一定則、エネルギー一定則と補正係数のそれぞれを用いて推定される弾塑性最大応答変位(δ_E)を弾塑性動的応答解析から得られる最大応答変位(δ_D)で除した値をプロットしたものである。エネルギー一定則は短周期(概略T=1.4秒以下)、変位一定則は長周期の構造物に対して精度がよい^{1),4)}とされているが、今回検討した限りにおいてはそのような傾向は見られず、変位一定則による推定結果は若干危険側になる場合があるものの、いずれの周期帯においてもエネルギー一定則による推定結果より高い精度が得られている。また、今回検討した3種類の方法のうち、エネルギー一定則と補正係数を用いた場合が最も精度よく弾塑性最大応答変位を推定していた。

3. 簡易推定法の提案

2. では、エネルギー一定則および変位一定則を適用して弾塑性最大応答変位を推定するに際して、弾塑性動的応答解析結果から最大ひずみエネルギーを算出した。しかし、実務設計においては、計算負荷等の観点から、動的解析(時刻歴応答解析)を行うことなく、静的解析のみで断面が決定できることが望ましい。そこで、道示Vに示されているタイ



○エネルギー一定則 △変位一定則 ●エネルギー一定則と補正係数

図-2 Tと δ_E/δ_D の関係

プⅠおよびタイプⅡ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-1に示す補正係数を用いることにより、弾塑性最大応答変位を推定する方法を提案する。

今回提案する推定法の流れを図-3に示す。本法では、応答スペクトル法により弾性応答時の最大応答変位を算出し、この最大応答変位と初期剛性を用いて最大ひずみエネルギーを算出する。最大ひずみエネルギー算出後の流れは、文献²⁾に示したとおりである。

本法が実際に適用可能であるか、その妥当性の検証を行った。なお、応答スペクトル法による最大応答変位の算出にあたっては、最大応答変位の生じる方向に応答が卓越している5つのモードによる応答の自乗和の平方根をとり算出している。図-4は、横軸に δ_D 、縦軸に本法によって推定した弾塑性最大応答変位(δ_E)をプロットしたものである。 δ_D の増加に伴い、推定誤差も若干増加する傾向が見られる。また、若干危険側の推定結果があるものの、ほぼ安全側の推定結果が得られている。最大の推定誤差は δ_D の2倍程度であり、比較的高い精度で推定されていることがわかる。よって、本法は今回対象としたような鋼製門型ラーメン橋脚(図-1)の概略設計における弾塑性最大応答変位の簡易推定法として適用可能であると考えられる。

なお、今回検討した全てのモデルは、上述した応答スペクトル法による最大応答変位の計算結果と1次モードのみを考慮した場合の計算結果との誤差が数%程度である1次モード卓越型の構造である。従って、地震応答に対する高次モードの影響が無視できないような構造に対する本法の適用性については、別途検討する必要がある。

4. まとめ

本研究で得られた結論を以下にまとめる。

- ① 一般にエネルギー一定則は短周期、変位一定則は長周期の構造物に対して精度がよいとされているが、今回検討した限りにおいてはそのような傾向は見られず、周期全体を通して変位一定則の精度が高く、弾塑性最大応答変位の推定結果は、動的解析の1～2倍程度の値となった。
- ② エネルギー一定則、変位一定則、エネルギー一定則と表-1に示す補正係数の3種類の方法による弾塑性最大応答変位の推定では、エネルギー一定則と補正係数を用いたものが最も精度がよい。
- ③ 応答スペクトル法から得られる弾性応答時の最大応答変位より最大ひずみエネルギーを算出し、エネルギー一定則と表-1に示した補正係数を用いて、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を提案し、その妥当性を示した。

【参考文献】

- 1) 柴田明徳：最新耐震構造解析，森北出版，1981。
- 2) 伊田義隆，中村聖三，高橋和雄：鋼製ラーメン橋脚に対するエネルギー一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。
- 3) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 V耐震設計編，丸善，1996.12。
- 4) 宇佐美勉，鈴木森晶，Iraj H.P.Mamaghani，葛 漢彬：コンクリートを部分的に充填した鋼製橋脚の地震時保有水平耐力照査法の提案，土木学会論文集，No.525/I-33,69-82,1995.10。

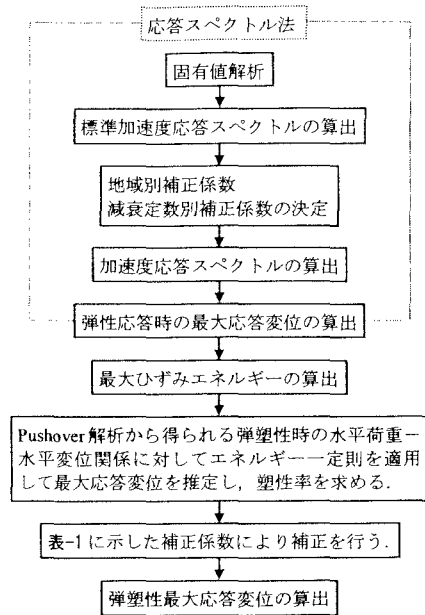


図-3 推定法の流れ

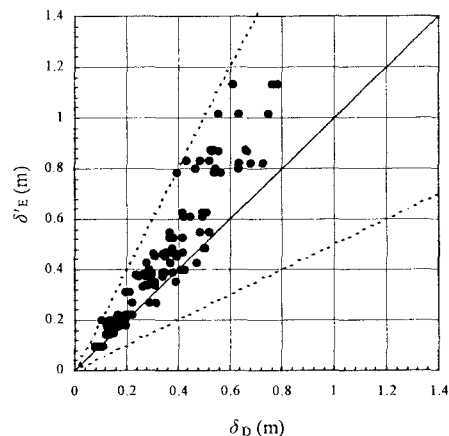


図-4 δ_D と δ_E の関係