

地盤との連成を考慮した鋼製橋脚の最大応答変位の簡易推定法に関する検討

群馬工業高等専門学校

正会員 北原 武嗣

群馬工業高等専門学校専攻科

学生会員 ○清水 善行

1. はじめに

耐震設計は、構造物の弾塑性域における挙動を詳細に検討する方向にむかっており、強震時における挙動も考慮されるようになってきている。この際、照査指標として、構造物にかかる力よりも変位を用いる方が合理的であると考えられる。

エネルギー一定則を用いて最大応答変位の推定がよく行われているが、構造物の弾塑性応答は構造物の固有周期に依存するため、それらを考慮することのできないエネルギー一定則では精度よく推定できるとは限らない。

そこで本研究では、著者等が提案している、スペクトルインテンシティ (SI) の積分範囲を構造物の固有周期により変化させることで、応答変位との相関性を高めた地震動指標である固有周期依存型 SI¹⁾を用いて最大応答変位を推定する方法を検討する。

2. 解析対象のモデル化と復元力特性

近年、地盤との連成を考慮した動的解析により耐震設計を行う必要性が指摘されている。そこで本研究では、図-1 のように橋脚と地盤の連成を考えた2質点3自由度モデルにより解析を行った。橋脚のばね剛性を k_1 、地盤の並進ばね剛性を k_2 、回転ばね剛性を k_3 、減衰定数を c 、上部構造の質量を m 、地盤の質量を M とした。鋼製鋼脚の構造特性を示す幅厚比パラメーターを 0.35 とし、細長比パラメーターを 0.20~0.70 まで段階的に設定し5モデルを作成した。これによりモデルの固有周期は 0.42~1.20 秒となり、一般的な鋼製橋脚の周期特性をほぼ網羅するようにした。解析モデルの諸元を表-1 に示す。また、応答解析時の減衰定数は、地盤部は 20%、橋脚部は 5%とし、線形加速度法により解析した。鋼製橋脚の復元力特性は図-2 に示したようなバイリニアモデルを用いた。

入力地震動としては、El Centro 波、Taft 波、八戸波および兵庫県南部地震によって観測された地震波

キーワード：最大応答変位、地震動指標、固有周期、推定式

など6波のNS,EW成分の計12波の地震を用いた。

表-1 解析モデル諸元

	S20	S30	S40	S50	S70
幅圧比パラメーター	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
細長比パラメーター	0.20	0.30	0.40	0.50	0.70
固有周期(s)	0.42	0.50	0.66	0.85	1.20

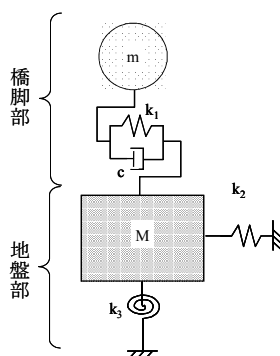


図-1 解析モデル

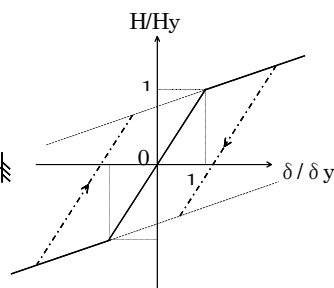


図-2 復元力特性

3. 最大応答変位の推定式

固有周期依存型 SI は式(1)で表されるように、構造物の固有周期に対応して積分範囲を変更するスペクトル強度である。

$$SI_{n.p.} = \frac{1}{(\beta - \alpha)T} \int_{\alpha T}^{\beta T} S_v(\tau, h) d\tau \quad (1)$$

ここに、 $SI_{n.p.}$ ：固有周期依存型 SI

S_v ：速度応答スペクトル

τ ：積分変数、 h ：減衰定数

α, β ：定数、 T ：構造物の固有周期

式(1)において、地盤との連成を考慮した鋼製橋脚では、 $\alpha = 0.9$ 、 $\beta = 1.3$ とした積分範囲が最適であることが示されている。²⁾

固有周期依存型 SI を用い、速度応答スペクトルと変位応答スペクトルの関係を援用することで、最大応答変位の推定値 $\delta_{est.}$ は式(2)のように求められる。

$$\delta_{est.} = \left(\frac{T_{eq}}{2\pi} \right) SI_{n.p.} \quad (2)$$

ここに、 T_{eq} ：弾性応答中の等価固有周期

弾性応答中の等価固有周期を厳密に求めることは困難なため、本研究では便宜的に最大応答変位における割線剛性による周期を等価周期として用いることとした。

4. 最大応答変位の推定結果と考察

最大応答変位の推定方法としては、3. で示した固有周期依存型 SI を用いた方法と、エネルギー一定則、変位一定則を用いた方法の3種類で検討を行った。図-3(a), (b), (c)にそれぞれ、固有周期依存型 SI, エネルギー一定則、変位一定則による推定結果を示す。横軸に固有周期、縦軸に $\delta_{est.}/\delta_{max}$ をとり、図中の■, ○, ▽, △, ☆は、それぞれ推定値、平均値、平均値+標準偏差、平均値-標準偏差、変動係数を示している。

図-3 から固有周期依存型 SI による推定では、推定値の平均値が、短周期の構造物で最大応答変位に対して 1.0 を切る部分があるが、残りの周期では 1.0~2.0 の範囲に入っており、危険側に評価することは少ないと言える。

エネルギー一定則による推定では、平均値が 1.0 付近にあり安定しているように見えるが、危険側に評価してしまう可能性が高い。また、変動係数が大きく推定結果にばらつきが生じるための確な評価ができるとは言い難い。

変位一定則による推定では平均値が 1.0 を切る場合が多く危険側に評価してしまう可能性が高い。また、提案手法よりも変動係数の大きいことがわかる。これらにより、提案手法は推定精度や適用範囲の観点からエネルギー一定則や変位一定則よりも優れていると考えられる。

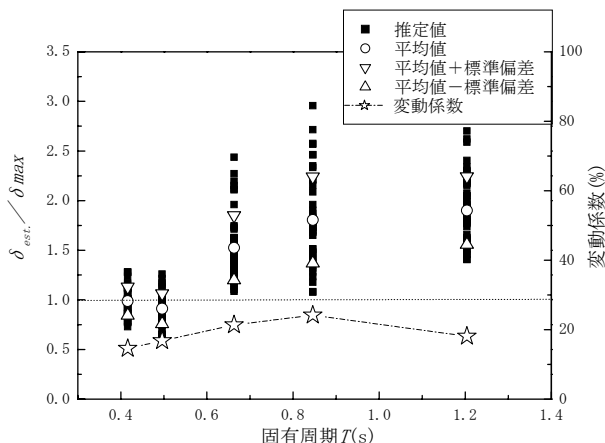


図-3(a) 固有周期依存型 SI による推定結果

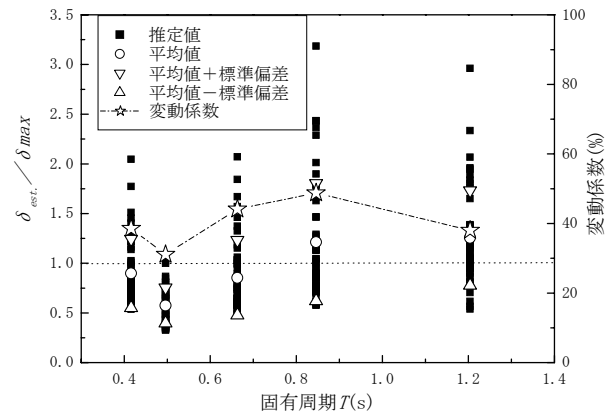


図-3(b) エネルギー一定則による推定結果

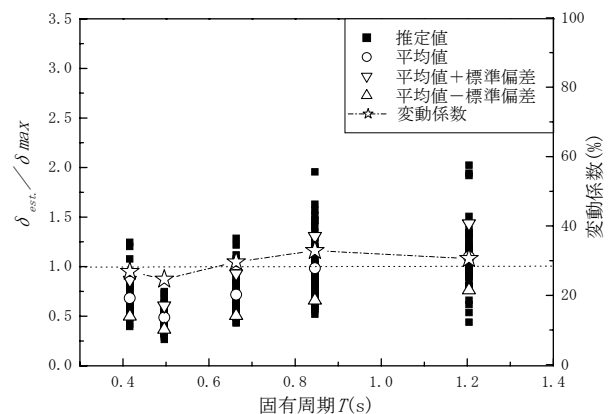


図-3(c) 変位一定則による推定結果

5. 結論

固有周期依存型 SI を用いた推定方法は、エネルギー一定則、変位一定則を用いた方法よりも、安全側に評価でき、また、ばらつきも少ないことを示した。このことから、固有周期依存型 SI を用いた推定方法は他の二つの方法に比べ最大応答変位を推定する方法として適していると言える。

ただし、短周期側で危険側評価となる場合もあり、より広範囲の周期領域で精度が高まるよう検討する必要がある。また、等価周期のより合理的な算定方法の検討や、減衰定数、復元力特性の違いによる影響の考慮、解析モデル数の増加などを行い、より推定精度をあげていくことが今後の課題となる。

参考文献

- 1) 北原武嗣,伊藤義人:固有周期依存型 SI を用いた鋼製および RC 橋脚の弾塑性最大応答変位の推定法に関する研究,構造工学論文集 Vol.46A,pp653-662,2000.
- 2) 北原武嗣,清水善行:鋼製橋脚-地盤連成系の弾塑性最大応答変位の簡易推定法に関する研究,第7回地震時保有耐力法に基づく橋梁等構造物の耐震設計に関するシンポジウム論文集,2004(印刷中)