

I - B 201

固有周期依存型SIによる鋼製橋脚の最大応答変位の推定

(株)竹中工務店技術研究所 (名古屋大学大学院博士課程後期課程) 正会員 ○北原武嗣
名古屋大学理工科学総合研究センター フェロー会員 伊藤義人

1. はじめに 現在、耐震設計においては、道路橋示方書の地震時保有水平耐力法のように、弾性応答で表される設計スペクトルから、エネルギー一定則や変位一定則を用いて弾塑性応答を推定することが多い。しかしながら、構造物の弾塑性応答は入力地震動の周期特性に大きく依存することが一般的に知られており、必ずしもエネルギー一定則や変位一定則から精度よく推定できるとは限らない。本研究では、地震動の周期特性を考慮した地震動指標として、固有周期依存型SI(スペクトルインテンシティ)を用いて構造物の弾塑性最大応答変位の推定を試みることを目的として検討を行った。固有周期依存型SIは、構造物の弾塑性動的応答と相関が高い地震動指標であることが報告されている¹⁾。

2. 検討方法 本研究では、現行の道路橋示方書により2種地盤上の橋脚として一次設計された補剛箱形断面鋼製橋脚を検討対象とした。検討に用いた橋脚の諸元を表-1に示す。表-1に示したように対象とした橋脚は固有周期が0.38~1.41秒の間に分布している。これらの橋脚を1質点のばね-質点系モデルとし、基礎固定として解析を行った。鋼製橋脚の復元力特性は、鈴木らにより提案された2パラメータモデルを用いた²⁾。このモデルは、局部座屈等による剛性・強度の低下を表すことができ、骨格曲線は図-1の太線に示すような劣化型トリリニアモデルを仮定している。この曲線の決定に必要な H_y 、 δ_y などのパラメータは文献3)より算出した。図-2には細線でKモデルの応答例も示している。

表-2に示す地震波を用い弾塑性地震応答解析を行った。各地震波は時間間隔0.005秒の加速度データとして計算に用いた。表-2に示した全18波に関して、その地動最大速度を25, 35, 50, 75cm/sに基準化して上記解析モデルの入力とした。したがって、1つの解析モデルについて合計18×4=72回の弾塑性地震応答解析を実行した。各橋脚に対する72個の応答解析結果から固有周期依存型SIと最大応答変位との関係を検討した。

表-1 解析モデル諸元

モデル名称	種類	幅厚比 パラメータ	細長比 パラメータ	固有周期(s)
A	鋼製	0.30	0.25	0.38
B	鋼製	0.30	0.45	0.69
C	鋼製	0.30	0.65	1.02
D	鋼製	0.45	0.25	0.47
E	鋼製	0.45	0.45	0.86
F	鋼製	0.45	0.65	1.26
G	鋼製	0.60	0.25	0.53
H	鋼製	0.60	0.45	0.96
I	鋼製	0.60	0.65	1.41

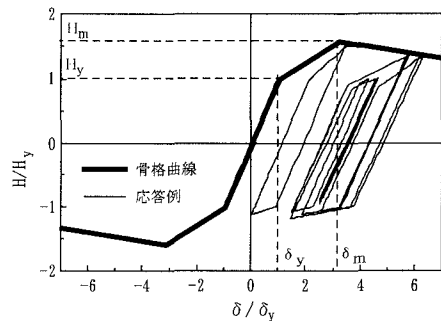


図-1 復元力特性

3. 固有周期依存型SI オリジナルのSIでは、一般的な構造物の固有周期の範囲を考慮して、速度応答スペクトルの積分範囲を0.1~2.5秒と定義している⁴⁾。したがって、対象とする構造物によらず、地震波が決まればSI値は一意に定まるため、地震動指標として一般性を有している。しかしながら、ある特定の構造物を考えると、固有周期近傍の応答スペクトルが有意な値であるのに、SIでは関係のない範囲まで積分を行うため、スペクトル特性を効果的に取り入れたことにはならない。すなわち、SIは複数の構造物に対する平均的な応答をみるためには有効な指標であるが、特定の構造物の応答に対しては効果的な指標とは言い難い。

特定の構造物の応答に対し相関性の強い指標として、構造物の固有周期に依存して速度応答スペクトルの

Key Words : 固有周期依存型SI, 最大応答変位, 非線形応答, 鋼製橋脚

〒270-1395 印西市大塚1-5-1 (株)竹中工務店 技術研究所基礎研究部 TEL:0476-47-1700

積分範囲を変更する固有周期依存型SIを考える（図-2参照）。固有周期依存型SI($SI_{n.p.}$)は式(1)で表される。

一般に構造物の固有周期は、損傷により剛性が低下し長周期化することが知られている。そのため、式(1)において $\alpha=1.0$ 、 $\beta>1.0$ のときが通常、最適であると考えられる。しかしながら、減衰の効果によって固有周期より短周期側成分の影響も受けることも考えられる。文献1)によると、鋼製橋脚に対しては α 、 β は $\alpha=0.9$ 、 $\beta=1.2$ が最適な値として示されている。

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

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(固有周期)。

h ：減衰定数、 T ：対象となる構造物の弾性固有周期、 α, β ：定数

表-2 地震波の諸元

観測地点(地震名)	地震波略称	種別	方位
海洋気象台(1995兵庫県南部)	JMA-NS	直下型	NS
海洋気象台(1995兵庫県南部)	JMA-EW	直下型	EW
葦合(1995兵庫県南部)	FUKI-X	直下型	(x)
葦合(1995兵庫県南部)	FUKI-Y	直下型	(y)
J R 鷹取(1995兵庫県南部)	TAK-NS	直下型	NS
J R 鷹取(1995兵庫県南部)	TAK-EW	直下型	EW
El Centro(1940 El Centro)	EL-NS	海洋型	NS
El Centro(1940 El Centro)	EL-EW	海洋型	EW
Taft(1952 Taft)	TAFT-NS	海洋型	NS
Taft(1952 Taft)	TAFT-EW	海洋型	EW
八戸(1968十勝沖)	HACHI-NS	海洋型	NS
八戸(1968十勝沖)	HACHI-EW	海洋型	EW
(道示波タイプI)	Typ1	海洋型	—
(道示波タイプII)	Typ2	直下型	—

4. 推定式 前述の9つのモデルに対する、それぞれ72個の弾塑性地震応答解析結果から、固有周期依存型SIと最大応答変位との関係は次式のように求められた。

$$\frac{\delta_{\max}}{\delta_y} = 0.0056 \cdot e^{\frac{6.81}{K_1} \cdot SI_{n.p.}} \quad (2)$$

ここに、 $\delta_{\max}$ ：最大応答変位、 δ_y ：降伏変位、

K_2/K_1 ：復元力特性の第2勾配/第1勾配(第2勾配比)、 $SI_{n.p.}$ ：固有周期依存型SI

図-3には式(2)による推定値と地震応答解析結果の関係を示す。図より、最大応答値が大きくなるにしたがい、ばらつきが大きくなる傾向はあるが、全体的には良く推定できていると言える。

5. 結論 構造物の動的応答と相関性の強い地震動指標として固有周期依存型SIを用い、最大応答変位の推定を試みた。その結果、簡単な式で両者の関係式を導くことができた。ここでは、構造特性を表すパラメータとしては第2勾配比のみを考慮したが、非線形性を表すより適切な構造特性を関係式に導入することで、精度の向上を図ることが今後の課題であると考えられる。

参考文献 (1)北原他：鋼製およびRC橋脚の弾塑性動的応答と固有周期依存型SIとの相関性、構造工学論文集 Vol.45A, pp.829-838, 1999., (2)鈴木他：箱形断面鋼製橋脚の復元力モデルと弾塑性地震応答解析、土木学会論文集, No.549/I-37, pp.191-204, 1996., (3)土木学会・鋼構造新技術小委員会・耐震設計研究WG：鋼橋の耐震設計指針案と耐震設計のための新技術, 1996., (4)Housner, G.W.: Intensity of Earthquake Ground Shaking near the Causative Fault, Proc. of 3rd WCEE, pp.94-115, 1965.

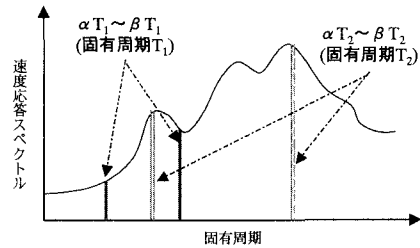


図-2 固有周期依存型SIの概念図

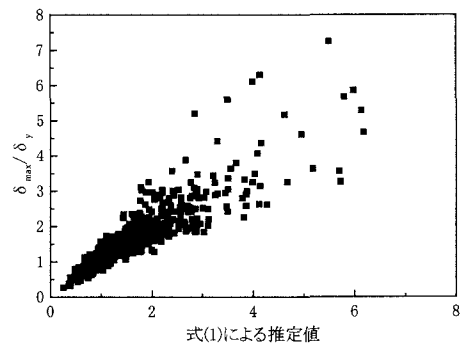


図-3 推定値と解析値との関係