

地盤との連成を考慮した鋼製橋脚の弾塑性応答と 固有周期依存型SIとの相関性

群馬工業高等専門学校 環境都市工学科 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 近年，土木構造物の耐震設計は性能照査型へ移行の機運にあり，橋梁の耐震設計では，橋梁システム全体系の弾塑性動的挙動を照査することが必要になってきている．この際，構造物の動的応答に強い影響を与える地震動指標を明確にすることが重要と考えられる．

そこで本研究では，橋梁システムとして地盤との相互作用を考慮した鋼製橋脚を対象とし，弾塑性最大応答変位と強い相関性を有する地震動指標として固有周期依存型SI^{1),2)}に着目して検討する．

2. 解析方法

2.1 解析モデル 現行の道路橋示方書の震度法により2種地盤上の橋脚として設計された，単柱形式の鋼製橋脚3基を解析対象とする．解析対象の構造システム全体系としての1次固有周期は0.43，0.85，1.35秒である．解析対象を，図-1に示すような2質点3自由度のSway-Rockingモデル(SRモデル)に置換して解析を行った．

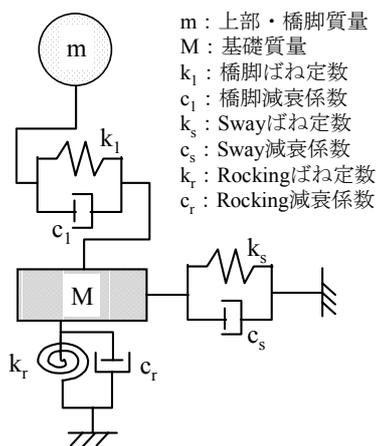


図-1 解析モデル

復元力特性は，鋼製橋脚(k_1)，Swayバネ(k_s)およびRockingバネ(k_r)すべてに対してバイリニアモデルを用いた．また，減衰定数は鋼製橋脚は2%，Sway

バネとRockingバネは10%とした．

2.2 入力地震動 表-1に，入力地震動として用いる地震波の観測地点(地震名)，方位，最大加速度および最大速度をそれぞれ示す．地震応答解析では，データを線形補間することにより，すべて時間間隔0.005秒の加速度データとして用いた．

表-1に示した入力地震波全12波に関して，その最大速度を25, 35, 50, 75cm/sの4レベルに基準化して入力とした．すなわち1つの解析モデルに関して，合計48回(=12×4)の解析を実行し，各橋脚に対して48個の解析結果から，最大応答変位と地震動指標との相関性を検討した．

表-1 地震波の諸元

観測地点 (地震名)	方位	最大 加速度 (cm/s ²)	最大 速度 (cm/s)
El Centro (1940 Imperial Valley)	NS	341.7	32.4
El Centro (1940 Imperial Valley)	EW	210.1	36.6
Taft (1952 Kern County)	NS	152.7	14.6
Taft (1952 Kern County)	EW	175.9	17.5
八戸 (1968十勝沖)	NS	225.0	34.3
八戸 (1968十勝沖)	EW	182.9	36.3
神戸海洋気象台 (1995兵庫県南部)	NS	818.0	90.6
神戸海洋気象台 (1995兵庫県南部)	EW	617.3	75.5
大阪ガス葺合 (1995兵庫県南部)	(x)	570.8	83.0
大阪ガス葺合 (1995兵庫県南部)	(y)	705.1	106.8
J R鷹取駅 (1995兵庫県南部)	NS	641.7	132.4
J R鷹取駅 (1995兵庫県南部)	EW	666.2	127.7

2.3 地震動指標 基本的な地震動指標として地動最大加速度(PGA)，地動最大速度(PGV)，地動最大変位(PGD)，およびスペクトルインテンシティ(SI)

Key Words : 弾塑性応答，固有周期，応答スペクトル，地震動指標，相関

〒371-8530 前橋市鳥羽町580 群馬工業高等専門学校 環境都市工学科 TEL:027-254-9189

を、より効果的な指標として著者らが提案している固有周期依存型SIを検討した。固有周期依存型SIは以下の式で与えられる。

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

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， α, β ：定数，
 T ：対象となる構造物の固有周期。

3. 解析結果とその考察 最大応答変位と地震動指標は両者とも非負であるから、対数正規分布に従ってばらついていると仮定し、両者の間の相関関係を式(2)により求めた。

$$\log(\text{最大応答変位}) = a + b \log(\text{地震動指標}) \quad (2)$$

(a, bは回帰定数)

例として、固有周期0.43秒の橋梁システムの結果を図-2に示す。横軸は地動最大加速度を、縦軸は最大応答変位(δ_{max})を降伏変位(δ_y)で除した値を示している。また、実線は線形回帰直線を、Rは相関係数を示している。この橋脚システムでは、最大応答変位と地動最大加速度は、相関係数0.935と強い相関性を有することがわかる。

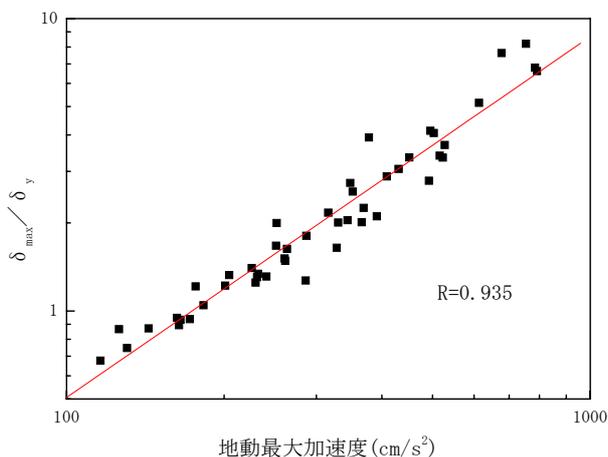


図-2 最大応答変位とPGAの相関図

固有周期依存型SIを算定する式(1)において、最適な積分範囲を、 α, β をパラメータとして検討した結果を図-3に示す。横軸は β を、縦軸は相関係数の平均を表している。図より、 $\alpha=1.0, \beta=1.8$ の場合が最も相関性の強いことがわかる。

固有周期による相関性の変動を図-4に示す。横軸は固有周期を、縦軸は最大応答変位と地震動指標と

の相関係数を表している。図より、基本的な指標であるPGA, PGV, PGDおよびSIは、構造物の固有周期により最大応答変位との相関性が変動することがわかる。しかしながら、固有周期依存型SIは、すべての周期領域において相関係数が0.9以上であり、常に安定して相関性の強いことがわかる。

これらの傾向は、著者らによる単柱形式橋脚を対象とした既往の研究結果^{1),2)}とも整合性があると考えられる。

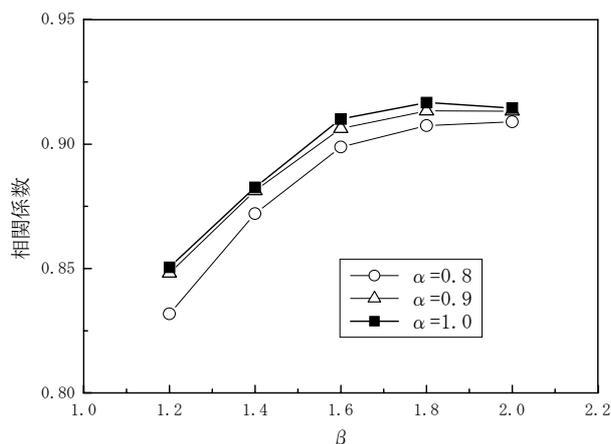


図-3 積分範囲による相関性の変動

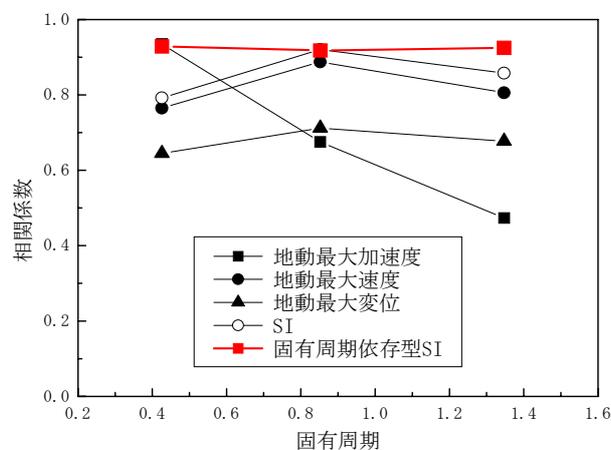


図-4 最大応答変位と地震動指標との相関性

4. 結論 本研究で得られた結論を以下に示す。

- (1) 基本的指標であるPGA, PGV, PGDおよびSIは、固有周期により最大応答変位との相関性が変動する。
- (2) 固有周期依存型SIは、広い固有周期領域において相関係数が0.9以上であり、最大応答変位と安定して強い相関性を示す。

参考文献

1) 北原, 伊藤：構造工学論文集, Vol. 45A, pp. 829-838, 1999.
 2) 北原, 伊藤：構造工学論文集, Vol. 46A, pp. 653-662, 2000.