

東京工業大学大学院 学生会員 ○堺 淳一  
東京工業大学工学部 正会員 川島 一彦

### 1. まえがき

1995年1月17日に発生した兵庫県南部地震では高速道路をはじめとした多数の橋梁において倒壊や落橋という甚大な被害を及ぼした。特に鋼製橋脚においては、世界で最初に崩壊を含む大被害を生じたことになる。ここでは、兵庫県南部地震で大被害を受けた2基の鋼製橋脚を対象に非線形動的解析を行い、鋼製橋脚の基礎的な耐震性及び振動特性について検討する。

### 2. 解析対象とする橋脚及びそのモデル化

解析では兵庫県南部地震で大被害を受けた2基の鋼製橋脚を対象とした。その一般図を図1に示す。T橋脚は昭和39年の鋼道路橋設計示方書によって設計されたもので、水平震度0.20、鉛直震度±0.10の地震力で設計されていた。また、I橋脚は張り出し式のT型単柱式鋼製橋脚で、昭和46年の道路橋示方書及び昭和46年の道路橋耐震設計指針によって設計されていた。

解析では、橋脚とこれが支持する上部構造部分を1質点系モデルでモデル化することとした。橋脚基部には中詰めコンクリートがあることから、中詰めコンクリートの上面を解析上の固定点として、ここに入力地震動を作用させることとした。鋼製橋脚の履歴特性は、既往の鋼製橋脚の水平載荷実験から次のように仮定した。(1)鋼製橋脚は、一般に降伏荷重(変位) $P_y(\delta_y)$ を越してもすぐに非線形化しないことから、ここでは $1.1P_y(\delta_y)$ を越した時点で非線形化するものとする。(2)繰り返し載荷実験結果によれば、終局荷重 $P_u$ は降伏荷重のほぼ1.5倍であることから、ここでは $P_u = 1.5P_y$ とする。(3)繰り返し載荷実験結果によれば、構造上の配慮を行えば、じん性率はほぼ4程度までは確保される可能性があることから、終局変位 $\delta_u = 4\delta_y$ とする。以上に基づき計算した橋脚の特性を表1および図2に示す。

入力地震動は、兵庫県南部地震で記録された神戸海洋気象台のNS成分記録、JR西日本鷹取駅のEW成分記録、東神戸大橋のTR成分記録を1.5倍した波形とした。

### 3. 解析結果

表2に最大応答値を、図3に1.5×東神戸大橋記録を入力した場合の応答変位波形を示す。これより、以下の点が指摘される。

- (1) T橋脚に1.5×東神戸大橋記録を入力した場合、入力開始後7秒付近で正側に10cm近く応答変位の中心軸がずれ、その影響で最終的には10cm程度の残留変位が生じている。応答値の大きさの違いはあるが、I橋脚でも同様の傾向である。
- (2) T橋脚の応答塑性率は、1.5×東神戸大橋記録を入力した場合が最も大きく5.06で、以下、神戸海洋気象台記録では、4.93となり、この場合には、当初想定したじん性率4を越す応答が生じたことになる。また、I橋脚の応答塑性率は、2.99~1.47と当初に想定したじん性率に収まっている。

### 4. 結論

兵庫県南部地震で大被害を受けた2基の鋼製橋脚に対する動的解析を実施した結果、以下の結論を得た。

T橋脚は、神戸海洋気象台記録及び東神戸大橋記録が作用すると、ともに応答塑性率は4を越す。これに対して、I橋脚では、3種類のいずれの地震力を作用させても応答塑性率は3以下に収まる。これは、兵庫県南部地震ではいずれの橋脚も大被害を生じたという事実と反するが、解析では地盤ばね等、地盤と構造物の動的相互作用の効果を無視し、また履歴特性等も暫定的なモデル化である。従って、解析結果と被害状況との対応は以下の点をよく考慮した上で評価していく必要があると考えられる。

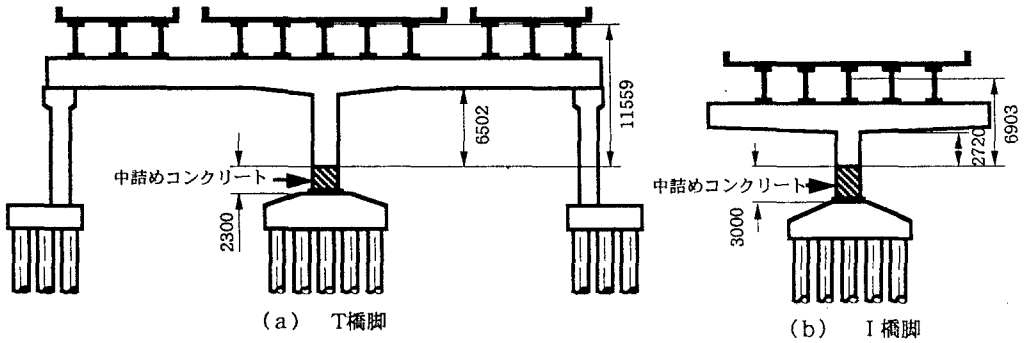


図1 解析対象橋脚一般図

表1 解析をおこなった橋脚の特性

	T 橋脚	I 橋脚
上部構造死荷重 (tf)	1482.0	1147.0
全死荷重 (tf)	1519.0	1240.0
等価重量 $W_r$ (tf)	1493.0	1175.0
降伏応力度 (kgf/cm <sup>2</sup> )	3763.0	2569.0
降伏荷重 $P_v$ (tf)	618.8	870.1
降伏変位 $\delta_v$ (cm)	4.36	2.01
1.1 $P_v$ (tf)	680.68	957.11
1.1 $\delta_v$ (cm)	4.796	2.211
初期剛性 $K_0$ (tf/m)	14192.7	43288.6
固有周期 (s)	0.651	0.331
終局荷重 $P_u$ (tf)	928.20	1305.15
終局変位 $\delta_u$ (cm)	17.440	8.04
降伏後の剛性低下率	0.1379	0.1379

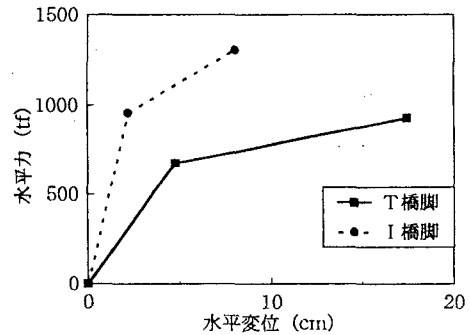


図2 上部構造の慣性力作用位置における水平力～水平変位の関係

表2 橋脚に生じる最大応答

	T 橋脚			I 橋脚		
	神戸海洋気象台 NS成分	JR 鷹取駅 EW成分	東神戸大橋 TR成分	神戸海洋気象台 NS成分	JR 鷹取駅 EW成分	東神戸大橋 TR成分
応答加速度 (gal)	690.4	564.5	697.6	1018.8	999.3	850.0
水平力 (tf)	1049.7	858.4	1061.6	1220.1	1196.7	1018.6
終局耐力 (tf)	928.2			1315.2		
水平変位 (cm)	23.65	13.88	24.26	6.61	6.22	3.24
じん性率	4.93	2.89	5.06	2.99	2.81	1.47
終局じん性率	3.64			3.64		

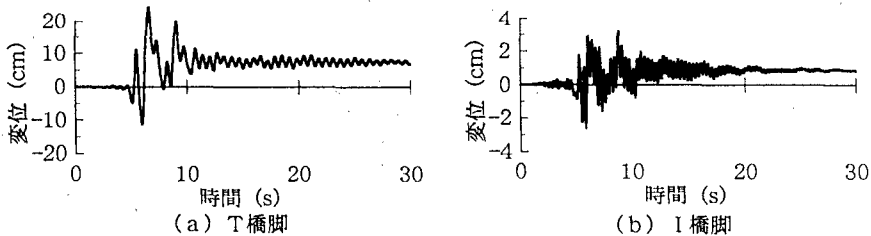


図3 1.5×東神戸大橋記録を入力した場合の地震応答