

1. はじめに

平成7年1月17日に発生した兵庫県南部地域で発生した大地震は、6000人を越える死亡者をもたらすと共に、社会基盤施設である土木構造物に甚大な被害を与え、社会的・経済的損失は計り知れないものであった。それゆえ、土木構造物が十分な耐震安全性を確保することが大切である。本研究においては、橋梁の橋軸方向変位を鋼管の塑性ねじりに変換して地震エネルギーを吸収させる吸振装置を考案し、地震応答解析を行うことにより、その機能性の基礎的検討を行った。

2. 吸振装置の概要

吸振装置は、地震動による履歴型の振動エネルギーを鋼管のねじり変形によって吸収させる構造とする。鋼管にねじり外力が加わると、鋼管の内部は純せん断状態となり、大きな塑性変形に対しても座屈が生じにくく、大変形まで塑性化が可能となる。あらかじめ鋼製高橋脚橋梁（3径間連続桁橋）の橋軸方向地震動の制振を対象として装置の構造寸法を設計する。吸振装置は、端可動支点付近に設置し、図-1に示すように桁の橋軸方向変位を鋼管のねじりに変換するアームと鋼管の回転を固定する定着部から構成される。

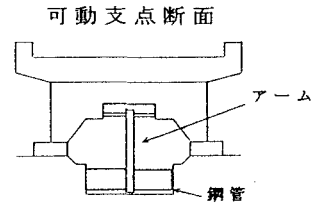


図-1 吸振装置概要

3. 地震応答解析

吸振装置を土木構造物に適用した場合の地震応答解析を行い、吸振装置を適用しない場合の応答特性と比較検討した。対象構造物は、図-2に示す鋼製高橋脚を有する3径間連続桁橋とし、吸振装置を取り付けた解析モデルは図-3に示す1自由度系モデルであり、振動方程式は(1)式で与えられる。

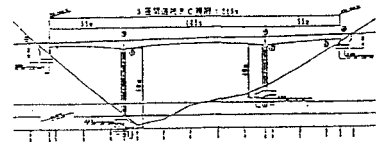


図-2 対象構造物

$$\ddot{y} + 2h\dot{y} + n^2y + f(y) = -\ddot{\phi}(t) \tag{1}$$

ここで $f(y)$ は吸振装置の復元力で、本研究室で開発した構成則¹⁾に従うものとし、構造減衰定数 $h = 0.02$ として解析した。また、橋梁の固有周期は $T = 2.57(s)$ である。



図-3 振動モデル

吸振装置なしの場合の対象橋梁の地震応答特性を入力地震動 LEVEL I, LEVEL II, EL CENTRO 1940 NS について図-4に示す。図-4は地震動の特性と橋梁の応答特性の関係を明確に示している。

次に極低降伏点鋼を用いた吸振装置を適用した場合の上記3種の地震動に対する応答変位特性を図-5に示す。極低降伏点鋼は、降伏応力度が $1t/cm^2$ 程度と低く、伸び性能が50%以上のエネルギー吸収能力に優れた鋼材として、建築分野ではすでに免振、制振装置として用いられている。従って橋梁においての適用性を確かめることとした。図-5から極低降伏点鋼のみを用いた吸振装置ではいずれの場合も鋼管の塑性履歴が十分に増幅しない最初の数波の地震動に対しては制振効果を発揮できないことが分かる。これは変位を抑えるための吸振装置がある程度大きな変位履歴を受けないと制振効果を発揮できないという、降

伏点が低いがゆえの欠点とも言える。この問題点を解決するために降伏応力度が高いLYR590($\sigma_y = 4.69 \text{tf/cm}^2$)を極低降伏点鋼と貼り合わせることを考える。これは最初の地震動のエネルギーを、LYR鋼の高い降伏応力度まで引き上げる仕事に費やすことによって消費し、その後は塑性履歴の進行による極低降伏点鋼のエネルギー吸収能力に期待するものである。

上記3種地震動のうちLEVEL II地震動とEL CENTRO地震動について極低降伏点鋼とLYR590を二重に組み合わせたハイブリッド鋼管について地震応答解析を行った。解析結果を表-1に示す。表-1に示した鋼管の単調載荷曲線上での累積塑性ひずみを見ると、LYR590で最大9.31%まで達しており、吸振装置の性能維持に危険を伴う恐れがある。それに対し、極低降伏点鋼では最大19.01%まで達してはいるものの、伸び性能が50%以上であることを考えれば、十分に安全側にあると言える。

4. まとめ

以上の解析からハイブリッド鋼管を利用した吸振装置を用いると、最初の数波の地震動に対してはLYR590が有効に作用して橋桁の変位を抑えることができ、その後の地震動に対しては、極低降伏点鋼とともに塑性履歴によるエネルギー吸収能力を発揮することが分かる。また、上記の解析結果に示した通り鋼管の単調載荷曲線上での累積塑性ひずみの増大に対して極低降伏点鋼の使用が有効に作用する。また、表-1から、海洋プレート型、直下型のいずれの地震動についても十分な吸振効果得られることが分かった。

<参考文献>

- 1)西村宣男, 小野潔, 池内智行: 単調載荷曲線を基にした繰返し塑性履歴を受ける鋼材の構成式, 土木学会論文集, 第513号, pp.27-38, 1994
- 2)青木徹彦, 小林修一: 断塑性ねじりダンパー特性に関する実験的研究, 第50回土木学会年次学術講演会 平成7年9月, pp1592-1593
- 3)平井 卓, 鈴木和彦, 聖生守男: 超降伏点鋼を用いた片持ち梁の橋梁用ダンパーへの適用可能性, 第50回土木学会年次学術講演会 平成7年9月, pp1586-1587

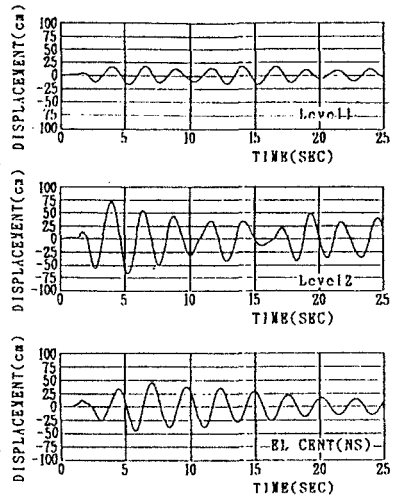


図-4 吸振装置なしの場合の応答変位

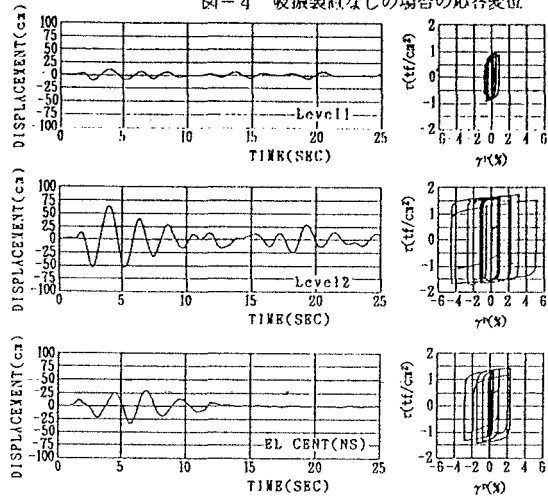


図-5 極低降伏点鋼を用いた場合の応答変位

表-1 ハイブリッド鋼管を使用した吸振装置の制振効果

LYR590の厚さ (cm)	極低降伏点鋼の厚さ (cm)	最大応答変位 Y_{max} (cm)	最大作用力 F_{max} (tf)	制振率 Y_{max}/Y_0 (%)	単調載荷曲線上塑性ひずみ (%)	
					LYR590	極低降伏点鋼
2.5	2.0	50.28	276.89	70.12	9.31	19.01
2.5	2.5	49.25	294.00	68.68	9.15	18.48
2.5	3.0	48.94	311.11	68.25	9.08	18.01
2.5	3.5	46.54	327.33	64.90	8.91	17.51

入力地震動 LEVEL2, 吸振装置なしの時の橋桁最大変位 $Y_0=71.71$ (cm)

LYR590の厚さ (cm)	極低降伏点鋼の厚さ (cm)	最大応答変位 Y_{max} (cm)	最大作用力 F_{max} (tf)	制振率 Y_{max}/Y_0 (%)	単調載荷曲線上塑性ひずみ (%)	
					LYR590	極低降伏点鋼
2.5	2.0	14.72	191.36	32.01	1.79	4.95
2.5	2.5	13.59	198.94	29.56	1.56	4.50
2.5	3.0	12.56	206.42	27.32	1.37	4.08
2.5	3.5	11.84	214.26	25.75	1.24	3.78

入力地震動 EL CENTRO 1940 NS, 吸振装置なしの時の橋桁最大変位 $Y_0=45.98$ (cm)