

1. はじめに

道路橋示方書¹⁾では、従来の震度法では大地震には対応できないので、地震時水平保有地震耐力法による耐震設計と免震・制震の新しい技術の導入の必要性が挙げられている。そこで降伏点が低く塑性化し易い極低降伏点鋼で製作した吸振装置が考案された。吸振装置は鋼製橋脚、RC橋脚という応答特性の異なる橋梁システム間での可動支承における相対変位を極低降伏点鋼鋼管のねじりに変換することで良好な耐震効果を得る可能性がある。鋼製橋脚については応答変位、残留変位を最小限度にとどめることにより構造系全体の崩壊を防止することが重要である。

2. 吸振装置の構造

吸振装置²⁾を図-1のように橋梁の可動支承部付近に設置するものとする。吸振装置は降伏点が低く塑性化し易い極低降伏点鋼で製作した。鋼管の繰り返し塑性ねじりによるエネルギー吸収を利用するもので以下のような特徴がある。

広い範囲の応力あるいはひずみエネルギー吸収効果を発揮

可動支承部の相対変位を鋼管の塑性ねじりに変換。

適切な径厚比の範囲で使用すれば極低降伏点鋼鋼管は大きな塑性ねじり変形に対しても座屈が生じにくい。

3. 解析モデル

橋梁の可動支承部に生ずる相対変位を極低降伏点鋼鋼管のねじりに変換し塑性履歴ループを発生させてエネルギー吸収効果を期待する。そこで復元力特性が違うことで相対変位の生ずる可能性がある固定支承側のRC橋脚と可動支承側の鋼製橋脚で支持された高架橋を対象とする。解析モデルは図-2のようにになっている。橋脚は鋼製、RCともに阪神淡路大震災以前の道路橋示方書をもとに設計を行った。鋼製橋脚は円柱で直径が2200mmで厚さは35mm、RC橋脚は2400mm四方とした。鋼製橋脚では隣接橋梁の固定支承を設け、RC橋脚に隣接橋梁の可動支承としている。入力地震波は直下型の種地盤のJR鷹取駅地震波EWを用い、地震応答解析を行った。(図-3)

4. 吸振装置の諸元

橋梁モデルの吸振装置の諸元を表-2とし、吸振装置の諸元と剛性Kと降伏復元力 H_y を示す。吸振装置を設置しない時をCASE0としCASE1~CASE4の4ケースの吸振装置を導入した。ここではCASE1

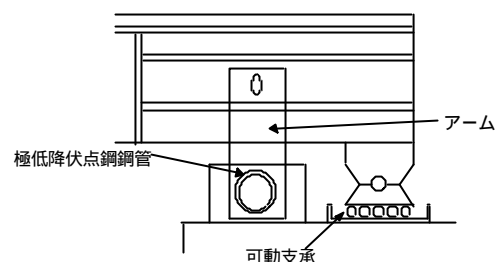


図-1 吸振装置

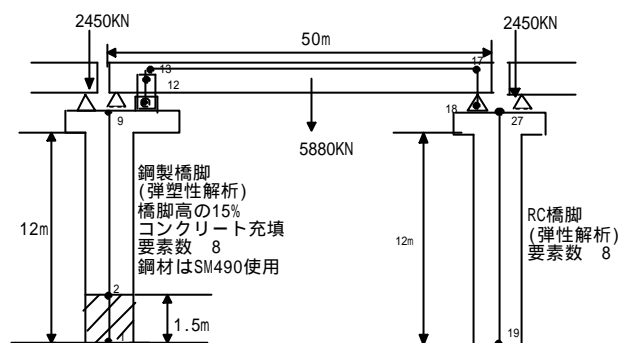


図-2 橋梁全体モデル

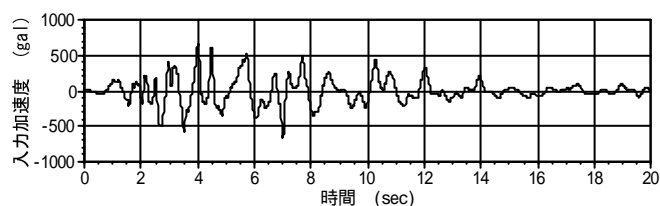


図-3 入力地震波(JR鷹取駅EW)

表-2 吸振装置諸元(JR鷹取駅地震波EW)

	管径(cm)	管長(cm)	管厚(cm)	アーム長(cm)	K(KN/cm)	H_y (KN)
CASE0	0	0	0	0	0	0
CASE1	50	80	1.25	200	281.8	134.8
CASE2	50	80	1.00	200	228.9	107.8
CASE3	50	80	1.25	150	501.0	179.7
CASE4	50	120	1.25	200	187.9	134.8

キーワード 極低降伏点鋼、吸振装置、鋼製橋脚

の諸元を基準として、CASE2 では鋼管の厚さが変化させた場合、CASE3 ではアームの長さを変化させた場合、CASE4 では鋼管の長さを変化させた場合について解析を行った。吸振装置の剛性 K は次式のように与えられる。

$$K = \frac{GJ}{LR^2}$$

G : 極低降伏点鋼の弾性係数(t/cm) J : 鋼管の断面ねじりモーメント(cm⁴)

L : 鋼管の長さ(cm) R : アーム長(cm)

5. 解析結果

表 - 3 解析結果

CASE1 ~ CASE 4 までの鋼製橋脚の最大変応答変位、残留変位、RC 橋脚の最大応答変位、鋼製橋脚の高さ 1.5 m のコンクリート充填されている部分と去れていない部分の境目の最大応力と吸振装置

	K(KN/cm)	H _y (KN)	鋼製橋脚		RC橋脚
			最大変位(cm)	残留変位(cm)	最大変位(cm)
CASE0	0	0	27.6	18.6	15.9
CASE1	281.8	134.8	19.2	3.2	13.3
CASE2	228.9	107.8	20.0	-5.4	13.6
CASE3	501.0	179.7	24.5	6.5	12.8
CASE4	187.9	134.8	19.5	4.5	13.3

の最大復元力 H_{max} 、 H_{max} と降伏水平力 H_y の比については表 - 3 に示す。鋼製橋脚の許容残留変位については道路橋示方書⁷⁾より橋脚高の 1/100 である。よって、鋼製橋脚の許容残留変位は 12cm となっている。吸振装置を設置しなかった時の残留変位は表 - 3 より CASE 0 では 18.6cm で許容残留変位を越えて

	鋼製橋脚 最大応力(MPa)	吸振装置	
		H _{max} (KN)	H _{max} /H _y
CASE0	441.3	0	0
CASE1	426.6	276.9	2.05
CASE2	439.3	228.1	2.12
CASE3	464.8	400.0	2.23
CASE4	439.3	310.0	2.30

いる。吸振装置を設置した CASE1 ~ CASE4 では表 - 3 より残留変位は許容残留変位以下になっていることがわかる。吸振装置によって地震力のエネルギー吸収を行っているため、残留変位が CASE0 のときと比較して抑制されているからである。吸振装置を導入した効果が最も大きいのは CASE 1、CASE 4 の時である。CASE 1、CASE 4 では表 - 3 より鋼管の長さによって吸振装置の剛性が変化しても降伏水平力 H_y が同じであればあまり影響がないことがわかる。CASE 3 は吸振装置の剛性が大きくなりすぎて表 - 3 より鋼製橋脚の応力が他のケースと比較して大きくなっているため、最大変位が大きくなっていることがわかる。CASE 2 では吸振装置の剛性が小さくなる分だけ相対変位が大きくなるため鋼製橋脚に大きな変位を与えるためである。適切なケース CASE 1 については、図 - 4、図 - 5 に示す。

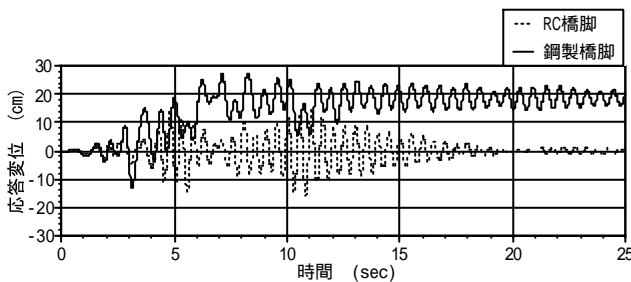


図 - 4 応答変位図(CASE0)

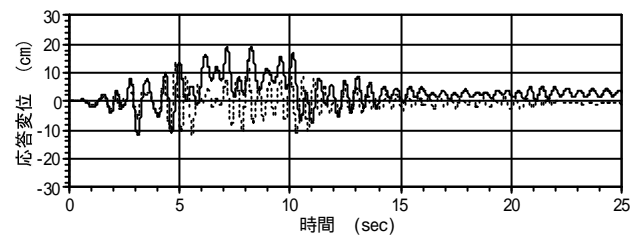


図 - 5 応答変位図(CASE1)

6. まとめ

1) 吸振装置を設置して地震力のエネルギー吸収を行うことにより鋼製橋脚の残留変位が適切に抑制できることが明らかになった。

2) 今回考慮した地震波以外についても求めた吸振装置の諸元で効果が発揮されるかを検討する必要がある。

参考文献

- 1) 道路橋示方書・同解説 耐震設計編、1996
- 2) 第3回鋼構造物の比線形数値解析と耐震設計への応用に関するシンポジウム：極低降伏点鋼鋼管の塑性ねじりを利用した吸振装置の橋梁システムへの応用 2000.1