

1. はじめに

兵庫県南部地震において橋梁などの構造物に大きな被害を与えた。この地震によって、耐震設計等の見直しに反映させる検討が行われている。その結果、1 つの方法として免振・制振の新しい技術の導入の必要性が考えられる。現在、免振・制振装置として使用されているものとして積層ゴム支承がある。ところが積層ゴム支承は水平反力が弱いこと上部工の変位を抑制できないという短所がある。その積層ゴムの短所を補うために考えられたのが鋼材の塑性変形によって地震入力エネルギー吸収させることである。降伏点が低く、塑性によるエネルギー吸収の大きい極低降伏点鋼鋼管を用いた吸振装置を取り付けることで橋脚の変位応答が抑制されているか検討を行う。

2. 吸振装置の構造

吸振装置を図-1のように橋梁の橋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。

- ①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できる。
- ②橋脚と橋梁部分の可動支承部の相対変位を鋼管の塑性ねじりをに変換するものである。
- ③ねじりを受ける鋼管は大きな塑性変形に対しても座屈が生じにくい。

3. 吸振装置の復元力のシミュレーション

対象構造物の吸振装置を取り付けた時の運動方程式は下式で表される。

$$M\ddot{X} + C\dot{X} + KX + F = -M\ddot{\Phi}$$

M：質量 C：減衰 K：剛性 F：吸振装置の復元力 X：変位ベクトル Φ：地動変位

吸振装置の復元力は極低降伏点鋼の弾塑性復元力を描く塑性ループを表現するために鋼材の構成式¹⁾のシミュレーションを行った。構成式は図-2のように単調載荷領域、弾性挙動を示す弾性遷移領域と曲率を有する非線形遷移領域に区分される。単調載荷実験とせん断ひずみ $\gamma=1\%\sim4\%$ までの漸増載荷実験と合わせた結果、図-3、図-4で極低降伏点鋼の構成式でのシミュレーションの妥当性を証明した。

4. 地震応答解析

対象橋梁は神戸松原交差点付近の鋼製橋脚神上 P-583、神上 P-584 間で、橋梁モデルは図-5のようになっている。鋼製橋脚神上 P-583、神上 P-584 は図-6のような構成になっている。地震応答解析では吸振装置を設置した時としない時の比較を行い、設置した時における吸振装置の塑性ループの検討を行った。地震波は図-7のレベル2 海洋プレート型を用いる。吸振装置の諸元はアーム長 50cm、鋼管の直径 20cm、長さ 20cm、厚さ 1.0cm とする。地震応答解析の結果は図-8となっている。吸振装置を設置した時は最大応答変位 21.1cm で設置しない時の最大応答変位が 14.0cm より変位を 33%抑制していることが分かる。吸振装置の鋼管部分のせん断応力-ひずみ関係は図-9のように塑性ループを描くことが分かる。この結果より吸振装置の鋼管部分での単調載荷領域部分の塑性せん断ひずみ部分を抽出すると図-10のように吸振装置の鋼管部分での単調載荷時の塑性せん断ひずみは 5.8%になり極低降伏点鋼の単調載荷時の最大塑性せん断ひずみが約 30%より十分に強度を持つことが分かる。

5. まとめ

- ① 極低降伏点鋼を用いた吸振装置の弾塑性復元力を描く塑性ループのシミュレーションが可能になった。
- ② 吸振装置を設置したときは設置しないときと比較して応答変位がある程度抑制され、橋脚の残留変位が減少している。
- ③ 吸振装置の極低降伏点鋼鋼管の部分では塑性履歴ループを描くことが分かる。

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り返し塑性履歴を受ける鋼材の構成式，土木学会論文集 No.513 / I-31 27-38 1995.4

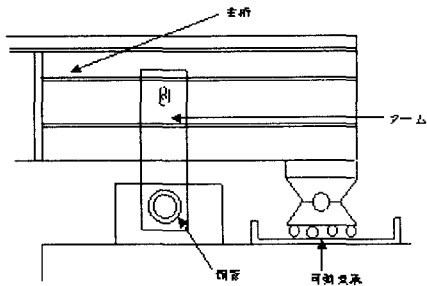
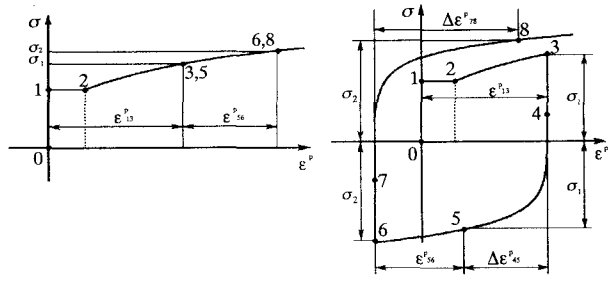


図-1 吸振装置



弾性領域

遷移領域

図-2 鋼材の構成式

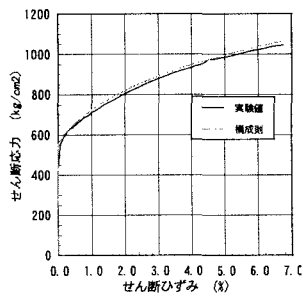


図-3 単調載荷実験

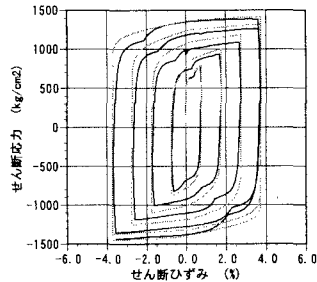


図-4 漸増載荷実験

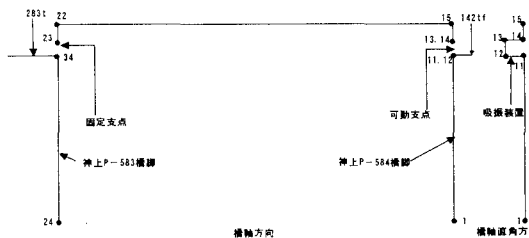
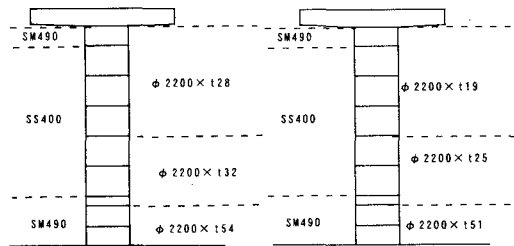


図-5 モデル橋梁



神上 P - 583

神上 P - 584

図-6 モデル橋脚(松原交差点)

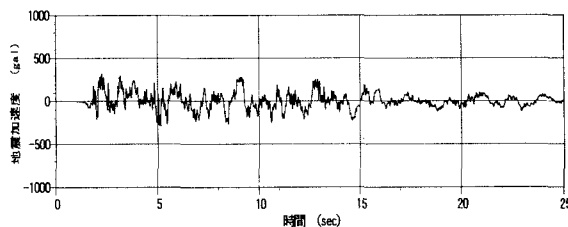


図-7 レベル2地震波(海洋型): I種地盤

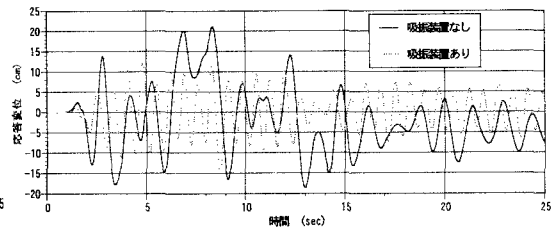


図-8 地震応答解析結果

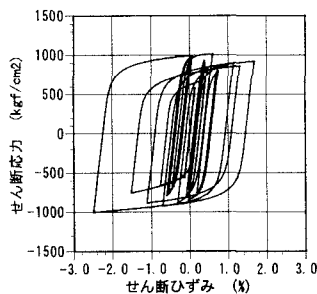


図-9 鋼管の応力-ひずみ関係

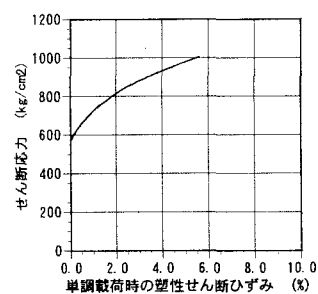


図-10 鋼管の応力-単調塑性ひずみ関係