

鹿島建設土木設計本部 正員 伊東 祐之
 鹿島建設土木設計本部 正員 内藤 静男
 鹿島建設技術研究所 正員 村山 八洲雄

1. はじめに

構造物に作用する地震時慣性力を低減させる、いわゆる免震装置が我国では近年建築分野を中心として徐々に実用化されつつある。一方、ニュージーランド、米国等においては、免震装置を橋梁に適用した事例が十数件にのぼっており、我国においてもこの種の装置を橋梁に適用しようという気運が年々高まりつつある。このような背景のもとに、免震装置を橋梁に適用する際の問題点を洗い出し、具体化の一例として滑りゴム沓と弾塑性鋼棒ダンパー（図-1）の組合わせに注目して試設計を行い、さらにその動的非線形挙動について検討したので、結果を報告する。

2. 橋梁の免震装置に要求される機能

橋梁に適用する免震装置としては、設置スペースや経済性等を考慮すれば、沓としての機能を兼ね備えているものが合理的であると思われる。実用化されているこのような免震装置としては、鉛プラグ入りゴム沓、積層ゴム沓+エネルギー吸収装置、滑り沓等が挙げられるが、これらを橋梁に適用するにあたっては、さらに以下に列挙する項目を考慮しなければならない。

- i) 橋梁の支沓としては、死荷重+活荷重最大時の鉛直力を支持できるように設計しなくてはならない。一方、地震時の免震効果を高めるためには、死荷重を主体とした地震時最大水平力に対応する、免震装置のばね値をできるだけ小さい値としなければならない。橋梁は活荷重の死荷重に対する比が大きく、一般にコンクリート橋で2~3割、鋼橋で7~8割に達するものがあり上述の双方の要求を同時に満足させるのは困難な場合が多い。
- ii) 温度変化やコンクリート橋におけるクリープ、乾燥収縮等に伴う支承の変位に対して対応でき、免震装置としての機能を失わないようなものでなくてはならない。
- iii) 大地震時における、落橋防止対策がなされていなければならない。

3. 免震装置の試設計

図-2に示すようなIビーム8主桁からなる鋼製3径間連続橋を対象として、免震装置の試設計を行った。それぞれの主桁に作用する上部工反力より、Iビーム直下に表-1に示す数の支承が必要である。

免震効果の目標値として、図-3に示す入力地震動に対して、最大応答加速度130gal程度、相対変位13cm程度を設定した。

等価線形化法による検討の結果、積層ゴムを用いたタイプの免震装置は、死荷重+活荷重最大時の鉛直力を支持できるように設計すると、装置のばね値が大きくなり、期待した免震効果が得られなかったが、滑りゴム沓と弾塑性鋼棒ダンパーの組合わせで前述の目標値が達成できた。この免震装置は、滑りゴム沓が絶縁機能とトリガー機能を担い、弾塑性鋼棒ダンパーがエネルギー吸収機能を担っている。滑りゴム沓のすべり面には、テフロン板使用を想定し、 μ_s

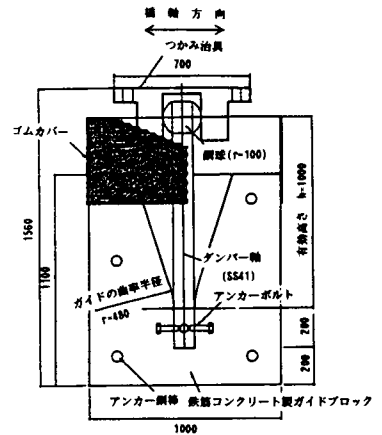


図-1 弾塑性鋼棒ダンパー

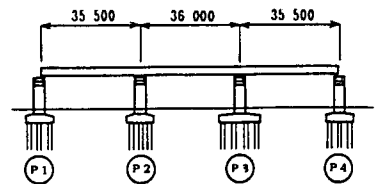


図-2 対象橋梁

（静止摩擦係数） $=\mu d$ （動摩擦係数） $=0.1$ として、摩擦によるエネルギー吸収も考慮した。また、主桁の常時温度変化（ $\pm 15^{\circ}\text{C}$ ）による支承変位に対して弾塑性鋼棒ダンパーが、弾性範囲内に収まるようにした。

橋梁全体として、特別に設計した弾塑性鋼棒ダンパー（図-1）を12個使用し、図-4に示す免震装置全体の荷重-変位関係を得た。

なお、大地震時の落橋防止対策としてストッパーを別途設けた。

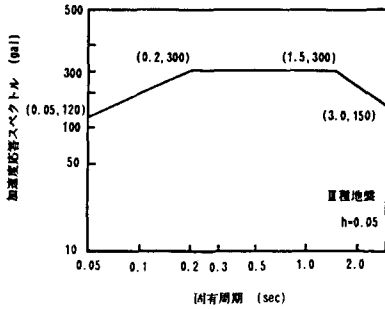


図-3 設計加速度応答スペクトル

表-1 対象橋梁の支点反力と免震装置数

支点	死荷重 (t)	活荷重 (t)	計 (t)	100t沓 (個)	200t沓 (個)	250t沓 (個)	弾塑性鋼棒ダンパー (個)
P 1	434	349	783	8	—	—	2
P 2	1025	681	1706	—	4	4	4
P 3	1025	681	1706	—	4	4	4
P 4	434	349	783	8	—	—	4
全橋	2918	2060	4978	16	8	8	12

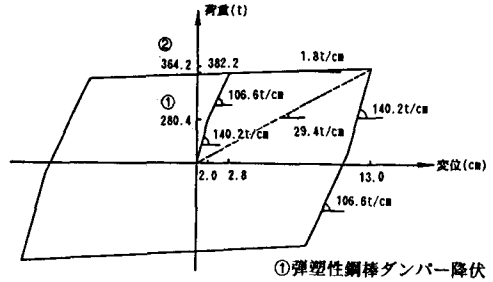


図-4 免震装置の履歴曲線

4. 動的解析による免震装置の挙動の把握

試設計した免震装置の動的特性を把握するために、図-4に示す履歴曲線を有する1自由度系の時刻歴地震応答解析を行った。入力地震波には、図-3に示した加速度応答スペクトルに適合するように作った地震波を用いた。

図-5に解析結果を示すが、応答加速度波形は、滑りゴム沓が滑り始める水平力に対応した加速度(122.2 gal)で頭打ちになっており、免震効果の目標値である130gal以下に押えられている。一方、変位応答の最大値は、目標値の13cmを大きく下回って9.8cmであった。また、滑り沓で問題とされる残留変位は、本解析では約2mm程度であった。

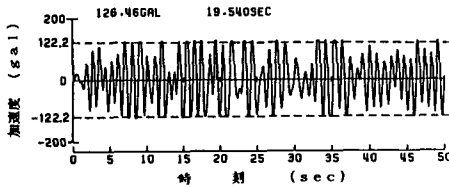


図-5 a 加速度応答の時刻歴

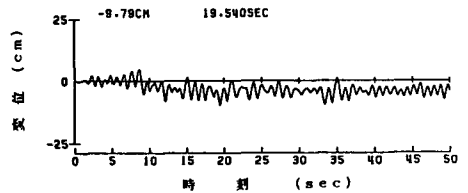


図-5 b 変位応答の時刻歴

5. まとめ

- i) 橋梁に適用する免震装置として、滑りゴム沓と弾塑性鋼棒ダンパーを組合せたものを試設計し、実用化の可能性を示した。
- ii) 滑りゴム沓を免震装置として用いる場合、摩擦係数の信頼性や摩擦によるエネルギー吸収能力等について、さらに詳細な検討が必要と思われる。

<参考文献> 坂手、原、北沢、林 「免震装置を有する道路橋に関する基礎的検討」

土木学会 第42回年講 昭和62年9月