

株総合技術コンサルタント 正会員 ○吉田 貴行
立命館大学理工学部 正会員 伊津野和行

1. はじめに 平常時の荷重に対する支承の働きと、地震荷重に対するバンプの働きを分離した、機能分離型免震支承装置が開発され¹⁾、実橋への適用も始まっている。著者らはこれを元に機能分離をさらにおしすすめて、地震時をレベル1とレベル2地震時に分離して考える装置を提案し、数値解析により効果の検証を行った²⁾。マルチレベル地震動対応の機能分離型免震支承装置は、レベル2地震時には、ロックオフボルトの破壊によってレベル2用バンプが作用する。ロックオフボルトの破壊は全て起こることが望ましいが、実橋梁へ適用した場合、何らかの影響により破壊が起こりにくい状況が発生する可能性もある。そこで本論では、ロックオフボルトの破壊に注目することにし、数値シミュレーションにより、破壊が起きない場合の影響について検討した。

2. 機能分離型免震支承装置 機能分離型免震支承装置は、図-1に示すように、荷重支持板とその上に設けられたスライド部、および側面に取り付けられたゴムバンプからなる。荷重支持板は薄いゴムからなり、常時の鉛直荷重支持と、桁の回転吸収を行う。スライド部は、PTFEとステンレスとの間ですべり摩擦が生じることを利用し、地震時における橋軸方向の揺れの長周期化と摩擦減衰の付加を目的としている。

ゴムバンプは天然ゴムの積層ゴムからなり、地震時におけるすべりに対するパネとして働く。次に、マルチレベル地震動対応の支承装置は、図-2に示すように、レベル1用、レベル2用バンプに分離されている。レベル1地震動に対しては、レベル1用バンプにより、地震時水平力分散と変位制限装置として働く。レベル2地震動に対しては、ロックオフボルトの破壊により、レベル1用バンプに加え、レベル2用バンプが作用する。それにより、免震効果を期待し、十分な長周期化を行うものである。

3. モデル化及び解析ケース 解析にあたり、対象橋梁を多質点系の2次元骨組構造モデルとしてモデル化を行った。図-3にモデル図を示す。本論では、都市部における高架橋を想定した。3径間連続橋が3つ隣接しており、中央の連続桁部分に機能分離型免震支承装置が採用されているものとした。両側の連続桁には地震時水平力分散型のゴム支承を用いている。桁はPC製、橋脚はRC製として、地盤種別はⅡ種とした。橋

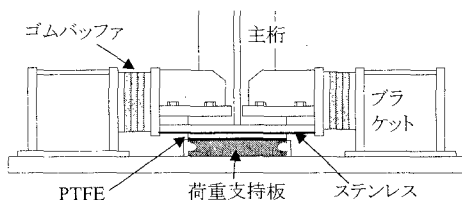


図-1 機能分離型免震支承装置の取付図

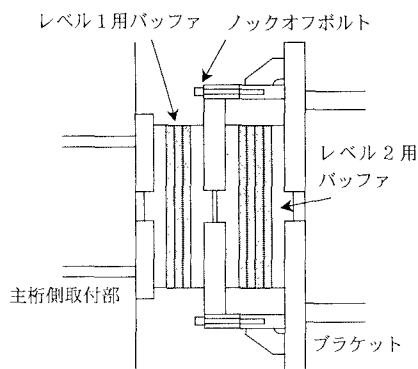


図-2 マルチレベルバンプの平面図

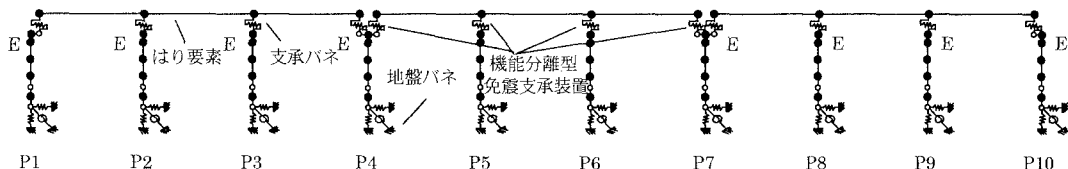


図-3 全体モデル図

脚および桁は、はり要素とし、橋脚は非線形性も考慮した。支承および地盤は、バネ要素としてモデル化を行った。入力地震波は、道路橋示方書Ⅴ耐震設計編に基づく標準入力例のうち、Ⅱ種地盤用レベル2タイプⅠ及びタイプⅡ地震波を用いた。

機能分離型免震支承装置は一支承線上に5箇所設置されているものとし、ロックオフボルトの破壊が全て起こる場合をケース1とした。次に、P4上の支承線でのみ破壊が起きないを想定し、5箇所のロックオフボルトのうち破壊しないものの数を1～5箇所の順にケース2-1～2-5とした。また、P5上の支承線でのみ破壊が起きない箇所が発生する場合を、1～5箇所の順にケース3-1～3-5と想定した。それぞれをケース1と比較することで、その影響について検討した。

4. 解析結果 図-4に桁加速度の最大値を示す。地震波の違いで応答値に差は出ているが、ケース2、ケース3の両方共に破壊が起きない箇所の増加に伴い、ほぼ比例的に応答値も増加している。次に、橋脚基部の曲げモーメントの最大値を図-5示す。これはタイプⅠ地震波におけるケース3の結果であるが、破壊が起きない箇所の増加に伴い、破壊が起きない箇所が存在する支承線を有するP5橋脚での曲げモーメントが増加している。ケース3-4～3-5では橋脚が塑性化している。また、図-6に示す支承最大変位、図-7に示す橋脚変位（いずれもタイプⅡ地震波、ケース3）を比較すると、破壊が起るP5以外の橋脚での応答値に変化はないが、P5では箇所の増加に伴い、支承剛性が大きくなったことにより支承変位が減少し、その影響で橋脚へ大きな荷重が作用して変位が増加していることがわかる。しかし、5箇所中半数以下の2箇所までなら、破壊しないロックオフボルトがあっても、橋脚の応答に影響はない。また、破壊しないロックオフボルトの存在は、当該橋脚への局所的な影響に留まり、全体系への影響は小さい。

5. まとめ ロックオフボルトの破壊が起きない箇所が発生することで免震効果が小さくなり、構造系に悪影響を及ぼす可能性があることが確認された。しかし、実際には同時に多数破壊しない可能性は低いと考えられ、破壊にばらつきは生じるものの、破壊自体は起こることが予想される。ロックオフボルトの設計及び維持管理には注意を要するが、破壊しない箇所が少ない場合は応答値への影響が小さく、実用上は問題ないと考えられる。今後は、破壊にばらつきを考慮した解析を行い、その影響を検討する予定である。

6. 参考文献 1)伊津野和行、袴田文雄、中村一平：機能分離型支承装置の動特性と設計手法に関する研究，土木学会論文集，No.654/I-52,pp.223～244，2000年7月。 2)吉田貴行、伊津野和行：マルチレベル地震動対応の機能分離型免震支承装置を用いた構造物の非線形動的解析，第2回免震・制震コロキウム講演論文集，pp.115～122，2000年11月。

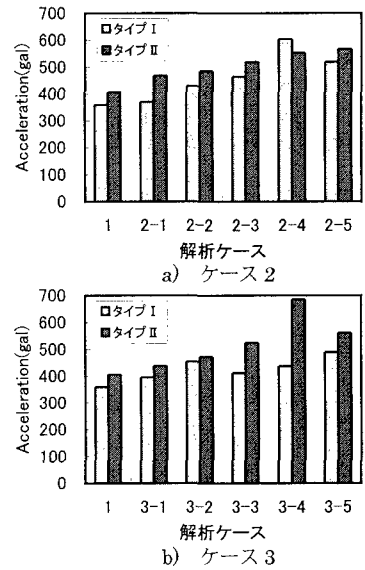


図-4 桁加速度最大応答値

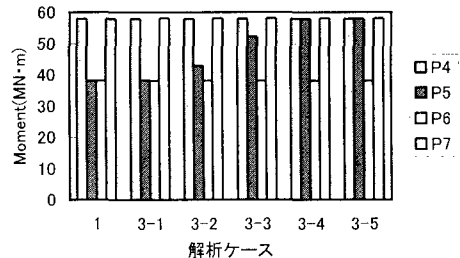


図-5 橋脚基部最大曲げモーメント

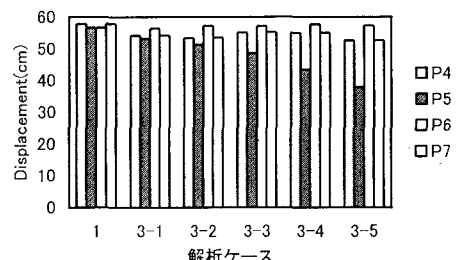


図-6 支承最大変位

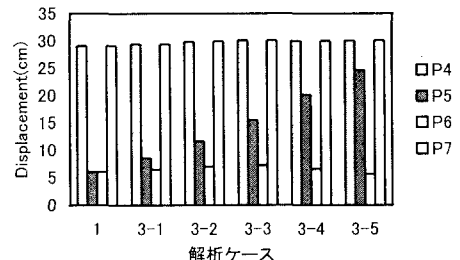


図-7 橋脚最大変位