

ロックオフボルトの破壊確率を考慮した多段型免震支承装置の地震応答特性

立命館大学工学部 正会員 伊津野和行
 (株)総合技術コンサルタント 正会員 吉田 貴行
 立命館大学大学院理工学研究科 学生員 監崎 達也

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ウファの働きを分離した、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用バウファが作用する。ロックオフボルトの破壊は全て設計荷重通りに起こることが望ましいが、実橋梁へ適用した場合、破壊にばらつきが発生する可能性がある。本研究では、ロックオフボルトの破壊がばらつくことを考慮し、数値シミュレーションにより、ばらつきが各応答値へ与える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ウファからなる。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。ゴムバウファ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バネとして働く。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用バウファに分離されている。レベル1地震動に対しては、レベル1用バウファにより、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用バウファに加え、レベル2用バウファが作用する。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 種とした。橋脚および桁は、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

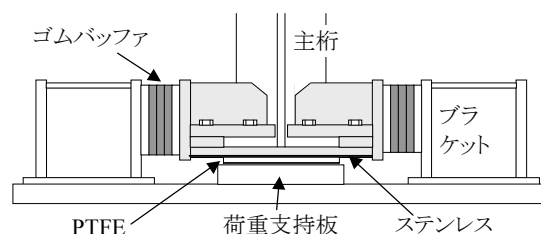


図-1 機能分離型免震支承装置の取付図

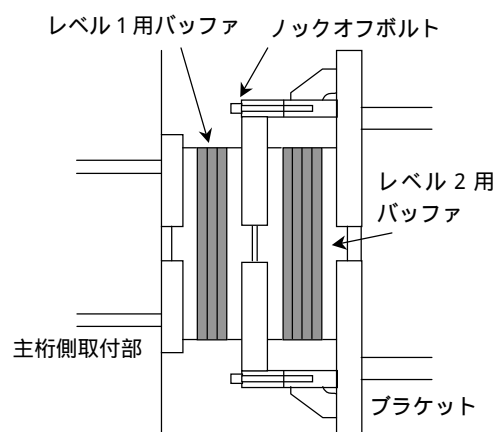


図-2 マルチレベルバウファの平面図

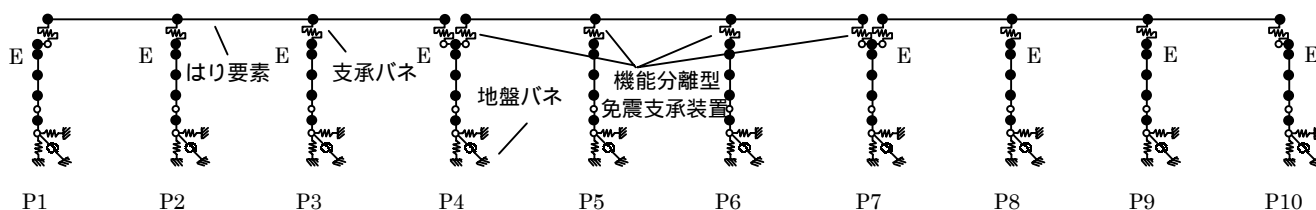


図-3 全体モデル図

キーワード：マルチレベル地震動、すべり摩擦支承、ロックオフボルト、非線形地震応答解析

連絡先：〒525-8577 滋賀県草津市野路町 1-1-1 TEL./FAX. 077-561-2728

路橋示方書 耐震設計編に基づく標準入力例のうち、種地盤用レベル2タイプ及びタイプ地震波を用いた。

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設計荷重（設計加速度を0.3Gとした）通りに起こる場合をケース1とした。次に、各ロックオフボルトの破壊荷重にばらつきを与えた場合を考えた。破壊荷重のばらつきは、乱数を発生させることにより決定した。乱数は正規分布に従うものとして、10%の標準偏差を与えた。実用上考えられる状態として、平均値に設計荷重を与えた場合をケース2とした。また、何らかの影響で正常に破壊が起こらずに、ほとんどのロックオフボルトが設計荷重よりも大きな荷重で破壊する場合も考え、その場合をケース3として平均値に設計荷重の1.5倍を与えた。それぞれをケース1と比較することにより、その影響を検討した。

4. 解析結果 各応答値にはばらつきがあるので、多数の解析を行い、平均値を算出して評価した。図-4に桁加速度の最大応答値を示す。ケース2ではケース1と平均値はほぼ一致している。ケース3ではケース1よりも30%程度大きな値を示している。図-5にP5橋脚基部曲げモーメントの最大応答値を示す。ケース2ではタイプ地震波において平均値はケース1より小さな応答値を示しているものの、差は10%未満である。図-6にP5橋脚変位の最大応答値を示す。ケース2ではケース1とほぼ一致しておりばらつきも小さい。図-7にケースP5橋脚における支承変位の最大応答値を示す。ケース2ではタイプ地震波において全体的に若干小さな応答値を示しており、平均値も10%小さい。いずれの応答値も、ケース3はケース1よりも大きな値を示している。次に、図-8にケース2でのロックオフボルトの破壊時刻（タイプ地震波、P4橋脚、10例）を示す。ケース1より早く破壊するものもあったが、2秒以内の差であった。ケース3ではケース1よりも遅く破壊したが、どちらの場合も破壊が起きない箇所はなかった。

また、入力地震波の違いにより、ばらつきに差が見られた。

5. まとめ ロックオフボルトの破壊にばらつきが発生することに伴い、応答値にもばらつきが発生する。破壊荷重の平均値が設計荷重と同じで、標準偏差10%の正規分布に従う場合、応答の平均値は破壊が同時に発生する場合と同じであり、橋梁全体系の応答には影響しなかった。しかし、設計荷重より1.5倍も大きな荷重で破壊する場合には、支承や橋脚応答に影響があった。

6. 参考文献 1) 伊津野, 袴田, 中村: 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, 2000.7.
2) 吉田, 伊津野: 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, 2000.11.

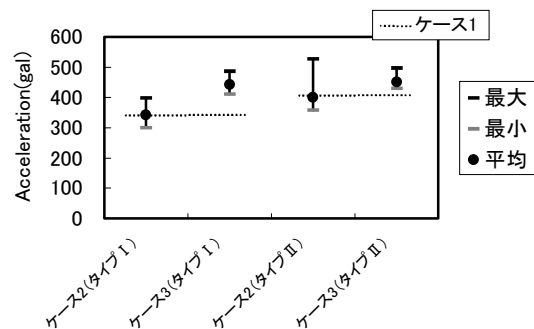


図-4 桁加速度の最大応答値

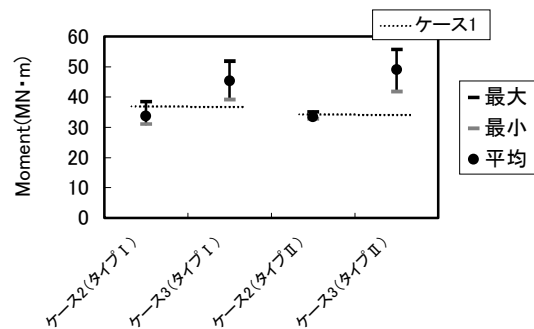


図-5 橋脚基部曲げモーメントの最大応答値

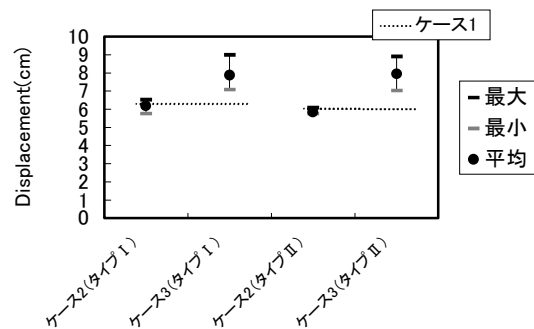


図-6 橋脚変位の最大応答値

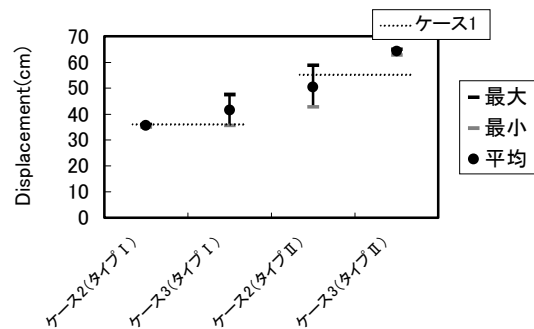


図-7 支承変位の最大応答値

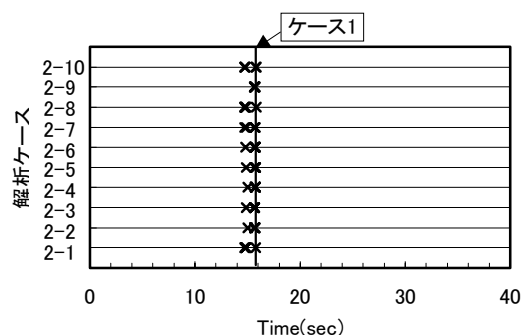


図-8 ロックオフボルト破壊時刻