

I-B 46 巨大地震が作用した場合のすべり方式免震橋梁の挙動

大成建設○正会員 畑 明仁
同 上 正会員 岡本 晋
同 上 正会員 田中 良弘

1. はじめに

筆者らは、これまで様々な地震波が作用した時のすべり方式免震橋梁の地震時挙動特性について、橋脚を1次振動特性を表す1質点-ばね系で置き換えたモデルを用いた解析的な検討を行ってきた¹⁾²⁾。本報では橋脚の高次振動特性も考慮することができる有限要素法で橋脚をモデル化したすべり方式免震橋梁に兵庫県南部地震などの巨大地震動が作用した場合の振動特性を検討した結果を報告する。

2. 解析方法

解析対象は図-1に示す高さ13mで3.5m×4.0mの矩形断面の鉄筋コンクリート橋脚を有する橋梁とする。橋脚の配筋は昭和39年の示方書に基づいており、主鉄筋比が1.66%、帯鉄筋比が0.07%である。ファイバーモデルによれば、この橋脚の橋桁重量を考慮した非線形特性は図-2に示すようになる。クラック発生時、降伏変位時の曲げモーメントは、それぞれ橋脚先端に218ton、604tonの水平力が作用した時に橋脚下端に生ずる値となる。この値はそれぞれ橋桁重量の13%、36%に相当しており設計震度0.36相当の水平力で橋脚下端が降伏すること表している。使用した橋脚の初期剛性時の固有周期は0.36秒、降伏剛性時の割線剛性による固有周期は0.63秒である。なお、橋脚の非線形履歴特性として武藤モデルを用いる。

すべり支承と復元力ばねからなるすべり方式免震システムは、すべり支承要素と線形ばねでモデル化する。すべり支承要素に作用する摩擦力は、すべり速度依存性を考慮して、摩擦係数を高すべり速度で15%、低すべり速度で6%とする。免震システムの固有周期は0.36秒～3.6秒の範囲で変化させて応答を検討する。入力波は2種地盤保有水平耐力照査用地震動（max=417Gal、以下、L2波と呼ぶ）および兵庫県南部地震の神戸海洋気象台で観測されたNS成分波（max=818Gal、以下、神戸波と呼ぶ）とする。

3. 解析結果

免震橋梁の応答の一例として免震システムの固有周期が非免震時の固有周期の5倍となる1.80秒のシステムを有する橋梁に神戸波が入力した時の橋梁各部の時刻歴波形および橋脚基部の履歴特性を、非免震のケースと比較してそれぞれ図-3、図-4に示す。非免震橋梁の橋脚基部の応答を見ると3秒付近（A点）で橋脚が降伏し、以下6秒付近（D点）まで比較的大振幅で振動しており、橋脚基部の曲率最大値が降伏時の曲率の9.5倍に達している。免震橋梁では橋桁加速度と橋脚に生ずる曲げモーメントは非免震時のそれぞれ61%、81%に低下しているだけであるが、曲率は降伏曲率に達せず、非免震橋梁の8%に低下している。非免震橋梁で橋脚の変形に伴い消費していたエネルギーが免震橋梁では免震システムで消費されている状況がわかる。なお、免震橋梁の支承変位の最大値は15.6cmで地震終了時の残留変位は生じていない。図-5に免震システムの特性値が変化した場合の橋脚基部の曲げモーメント、曲率および支承変位の変動状況を示す。神戸波入力時およびL2波入力時は、ともに免震システムの固有周期が非免震橋梁

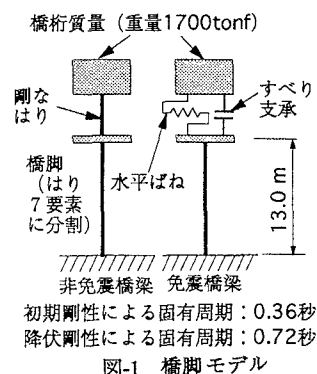


図-1 橋脚モデル

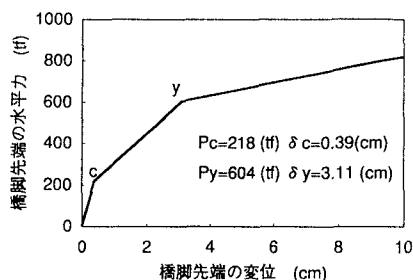


図-2 橋脚の非線形特性

の固有周期の5倍以上になると、橋脚にクラックは発生するものの降伏しなくなり、大きな免震効果が表れている。また、支承変位は、免震システムの固有周期が非免震時の固有周期の4倍～5倍までの範囲で増加するものの、それ以上免震システムの固有周期を長くしても最大20cm程度で、それ以上は大きくならない。復元力ばねを弱くして免震システムの固有周期を長くすると、残留変位が大きくなる傾向があることを考えると、免震システムの固有周期を非免震橋梁の5倍程度とすることが望ましいことがわかる。

4. まとめ

非免震橋梁では橋脚の鉄筋が降伏するような巨大地震が作用した場合でも、すべり方式免震システムの摩擦係数を15%とし、システムの固有周期を非免震橋梁の固有周期の5倍程度としてやれば、非免震時に橋脚で消費していたエネルギーの大部分を免震システムで消費することになり、橋脚の鉄筋が降伏することなく地震応答を著しく低下できることが明らかとなった。

参考文献 1) すべり方式免震システムを有する橋梁の地震時挙動特性,土木学会論文報告集, I-31, 1995年4月、2) 橋脚の非線形性を考慮したすべり方式免震橋梁の動的挙動, 構造工学論文集, Vol.41A, 1995年3月、3) すべり方式免震システムを有する橋梁の動特性に関する実験的研究, 土木学会論文報告集, I-30, 1995年1月

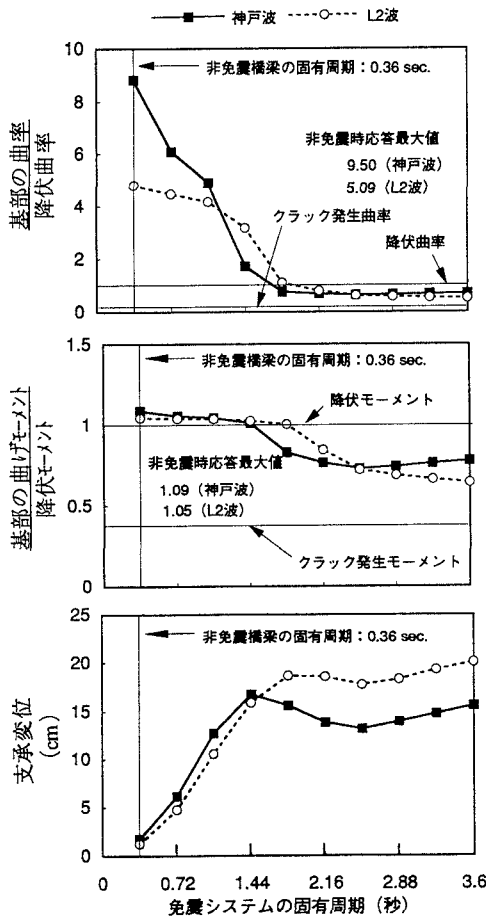


図-5 免震システムの特長値の変化に伴う橋梁各部の応答値の変化

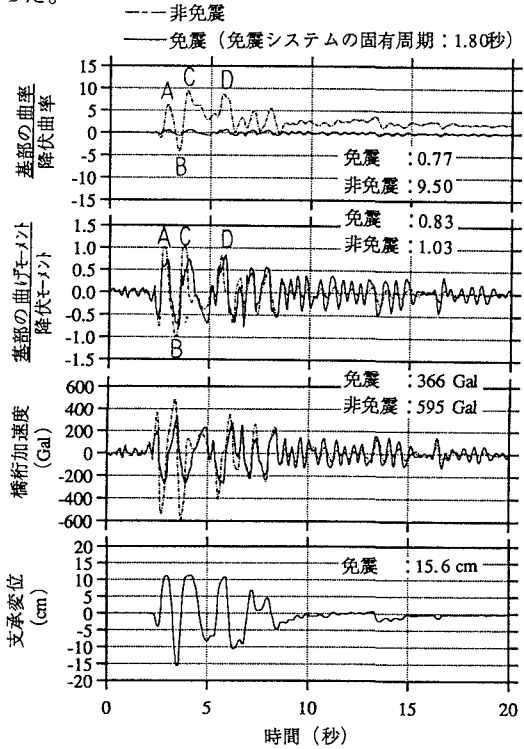


図-3 橋梁各部の時刻歴波形（神戸波入力時）

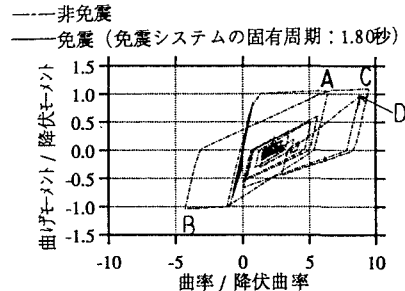


図-4 橋脚基部の載荷履歴（神戸波入力時）