

I-B 58

変動軸力・回転変形が免震支承の水平復元力特性に及ぼす影響に関する検証実験

京都大学大学院 学生会員 陳 友真
 京都大学工学部 フェロー会員 家村 浩和
 京都大学工学部 正会員 五十嵐 晃
 京都大学工学部 正会員 中西 伸二

1. はじめに

道路橋に免震構造を採用する際、ほとんどの場合は橋桁と橋脚の天端との間に免震支承を設置する(図-1(a))。ところが、場所的な制約から基礎部を大きくすることができないため、基礎に大きな力(曲げモーメント)が作用しないように橋脚の下端部に免震支承を設置するタイプの道路橋においては、地震時に免震支承には水平変形(水平方向せん断変形)に加え、従来考慮されなかった鉛直方向変動軸力や、支承部上面での回転変形が生じる。本研究では、それらの効果が免震支承に与える影響を評価するため、多軸載荷条件下での免震支承の復元力特性に関する実験的検討を行った。

2. 実験システム

実験システムの概要を図-2に示す。実験システムは以下の4つのシステムより成っている。①載荷システム：載荷装置として3台のアクチュエーター(以下Act.)を用いる。Act.1,2,3号機は水平載荷ビームを介して免震支承に水平変形・変動軸力・回転変形を与える。②制御システム：Act.1号機は変位制御とし免震支承に与える水平変位を、Act.2号機はAct.2、3号機の荷重の和を制御する荷重制御とし免震支承に与える鉛直軸力を、Act.3号機はAct.2、3号機の変位差を制御する変位制御とし免震支承に与える回転角をそれぞれ制御する。③計測システム：各Act.の内部変位計及びロードセルで変位及び反力の値を計測し、その値をAct.コントローラをととしてコンピュータ内に取り込む。④記録システム：③で得られた値をハードディスクに記録する。

3. 実験概要

供試体はタイプAとBの2種類を用意した。いずれも計画中の道路橋に用いられる予定の鉛プラグ入り免震支承(略称LRB)を幾何学的にほぼ3分の1サイズとしたものであり、タイプAとBの違いはタイプBの方が内部鉄板が少し厚くその分だけ全高が少し高いという点のみである。それらの供試体に対して、以下の4つのタイプの実験をそれぞれ行った。実験Ⅰ：強制回転変形を与える。実験Ⅱ：強制水平変形を与える。実験Ⅲ：強制水平変形と変動軸力を同時に与える。実験Ⅳ：強制水平変形と変動軸力と強制回転変形を同時に与える。実験Ⅰでは正負交番回転角漸増繰り返し変形を与えた。実験Ⅱ、Ⅲ、Ⅳでは道路橋をモデル化し、入力地震波として兵庫県南部地震JR鷹取駅NS方向の地震動の記録を用いた応答解析を行い、その結果得られた免震支承に生じる水平変形、変動軸力、回転角の時刻歴波形の16秒間分(図-4)を、システムの能力の関係から振幅を80%に縮尺し、800ステップに分けて載荷した。図-4において水平変位・鉛直軸力・回転角はそれぞれ図-2で

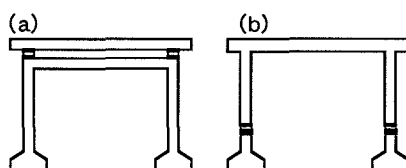


図-1：道路橋の断面図(■:免震支承)

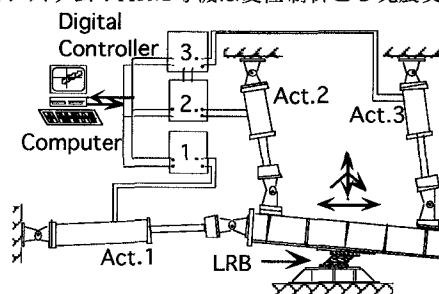


図-2：実験システム概要

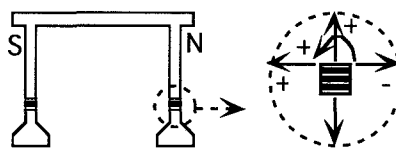


図-3：変位・軸力・回転角の正負の設定

の左側・上側・左回りを正とした。実際の道路橋との対応を図-3に示す。図-4をみれば明かなように、地震時に免震支承は鉛直軸力が引っ張り方向に変化しながら水平変形する場合（正側の変形領域）と圧縮方向に変化しながら水平変形する場合（負側の変形領域）とがある。

4.実験結果

実験Ⅰから得られた回転角-抵抗曲げモーメント履歴曲線を図-5に示す。A、Bともにバイリニア型の履歴ループを描いており、与えた回転角の範囲ではゴムの劣化現象はみられない。曲げモーメントはBの方がやや大きな値を取っている。

実験Ⅱ、Ⅲ、Ⅳから得られた水平変位-水平復元力履歴曲線を図-6に示す。Aではループは±100mm以上、Bでは±80mm以上の変形領域においてゴム素材が硬化するいわゆるハードニング現象が起きており、ループ全体は逆S字型をしている。負側の変形領域ではⅡよりⅣの方が水平変位に対する復元力は大きくなる傾向があり、またⅢとⅣでは、Ⅳの方が水平変位に対する復元力は大きくなる傾向がみられる。Ⅱ、Ⅲ、Ⅳのループ形状そのものは、いずれも逆S字型であり大幅な差はみられない。

実験Ⅱ、Ⅲ、Ⅳから得られた水平変位-抵抗曲げモーメント履歴曲線を図-7に示す。Ⅱでは曲げモーメントが水平変位に対して一次関数的に対応しているのに対し、Ⅲ、Ⅳでは水平変位が大きくなるほど正符号の曲げモーメントの方向に乖離しつつ履歴ループを描いている。正側の変形領域では曲げモーメントは減少し、負側の変形領域では増加するという傾向がある。ⅢとⅣのループ形状には大幅な差はみられない。

5.おわりに

変動軸力と回転変形の有無は、復元力がやや増加する場合が多いものの、水平変形-復元力履歴ループ形状そのものには免震効果を著しく損なうと思われるような大幅な変化はみられなかった。しかし、水平変形-抵抗曲げモーメント履歴曲線のループ形状には、特に変動軸力の有無で、明確な変化が現れている。回転変形の影響については、図-5と図-7から、地震時に免震支承に生じる曲げモーメントのうち、回転変形によって生じる曲げモーメントは、水平変形によって生じる曲げモーメントに比べて小さく、免震支承に及ぼす影響は変動軸力ほど大きくないと思われる。

変動軸力と回転変形が免震効果に与える影響については、より詳細な検討を要するものと考えられる。

参考文献：（財）防災研究会 「道路橋の免震設計に関する調査研究」等

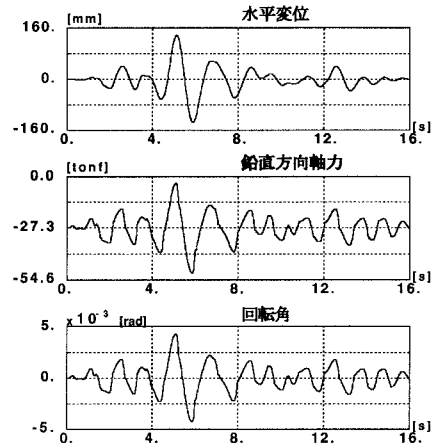


図-4：時刻歴波形

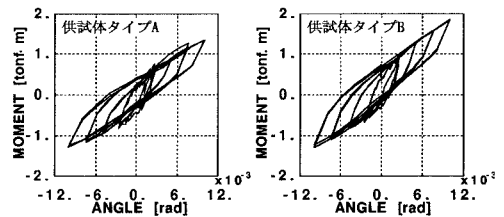


図-5：回転角-曲げモーメント履歴曲線

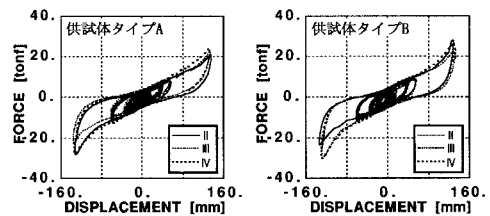


図-6：水平変位-復元力履歴曲線

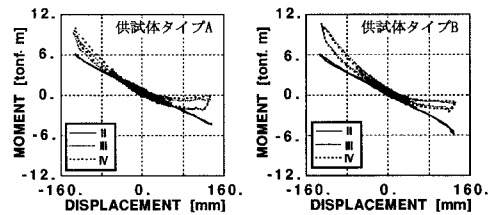


図-7：水平変位-曲げモーメント履歴曲線