

低摩擦すべり支承を有する連続桁橋模型実験のシミュレーション解析

九州大学工学部 学生会員 宮定 龍司 九州大学大学院 正会員 梶田 幸秀
九州大学大学院 フェロー 大塚 久哲

1. はじめに

繊維熱強化樹脂を素材として新たに開発された低摩擦すべり支承を用いて、地震時に桁と下部構造を縁切りし、下部構造の耐震性向上、下部構造と支承部のコスト削減を目的とした新しい橋梁システムの提案が行われている。著者らが所属する研究室でも、昨年度低摩擦すべり支承を有する桁橋模型の振動実験により、その有効性を確認した¹⁾。本論文では、そのシミュレーション結果について述べる。

2. 実験概要¹⁾

実験供試体を図-1に示す。2種類の寸法の異なるH鋼計4本と3.7kNの鋼板（桁）を組み合わせた構造である。振動台の上に鋼板を置きボルトで固定し、供試体を鋼板に固定するため基部に鋼製の治具を設置し、供試体と治具と鋼板をそれぞれボルトで固定した。使用材料を表-1に示す。供試体の寸法はスパン500mm、橋脚高さが約850mmである。橋脚頭部には円形断面のすべり支承を設置している。本研究で使用する支承条件を表-2に示す。表-2の固定部では桁と橋脚P2を固定した。用いたすべり

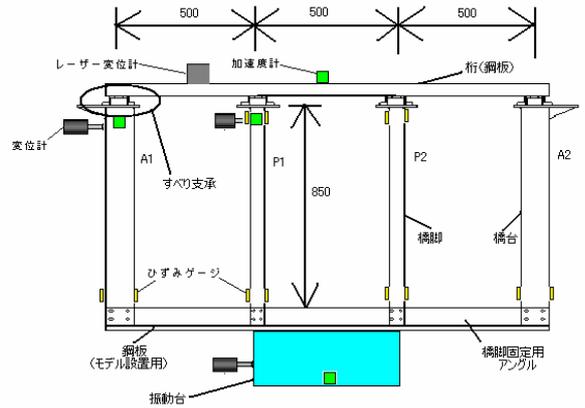


図-1 実験供試体

り支承におもりを設置し、おもりに水平力を与え、動き出したときの水平力より求めた摩擦係数は0.07となった。

3. 解析概要

3.1 供試体のモデル化

解析モデルにおける各支間割と各橋脚高さは供試体に準じた。対象模型の骨組みモデルを図-2と図-3に示す。解析モデルは橋梁全体系をモデル化し、集中質点系による骨組みモデルとし、桁、橋脚は線形はり要素とした。なお、図-3中の剛要素とは、支承上端と桁の図心をつなぐ連結要素であり、支承上端の応答を桁に伝える役割を持っている。各部材の減衰定数は、桁2%、橋脚2%とした。支承条件は、固定支承については線形のパネ要素とし、すべり支承については、図-4の様なバイリニア型の非線形モデルのパネ要素とし、減衰定数はともに0%とした。すべり支承の摩擦係数は、簡易な実験より得られた値を参考に0.1とした。

3.2 模型の固有周期

模型の桁をハンマーでたたき、桁の加速度の時刻歴応答を計測し、その波形をフーリエ変換し、ピーク値を示す周波数を固有周期とした場合、模型の固有周期は0.13秒となった。すべり支承の初期剛性 k_1 は、この固有周期に合うように決定した。また、実際に振動台に1Hz~10Hzの正弦波を入力し、桁の最大応答変位をプロットする方法で得られる固有周期は0.33秒となった。

表-1 使用材料

	材料	断面形状	部材寸法 (mm)	個数
桁	鋼	矩形	1600*600*50	1
橋脚	鋼	H形	100*100*6*8*875	2
	鋼	H形	100*50*5*7*875	2
バラベット	鋼	板形	100*100*7	2
橋脚固定治具	鋼	アングル	100*75*7*1600	2
鋼板 (振動台に設置)	鋼	板形	1600*600*16	1
低摩擦すべり材	繊維強化熱強化樹脂	円形	30	4

表-2 支承条件

	A1	P1	P2	A2	備考
モデル1	すべり	すべり	固定	すべり	1点固定連続桁橋
モデル2	すべり	すべり	すべり	すべり	すべり支承を有する連続桁橋

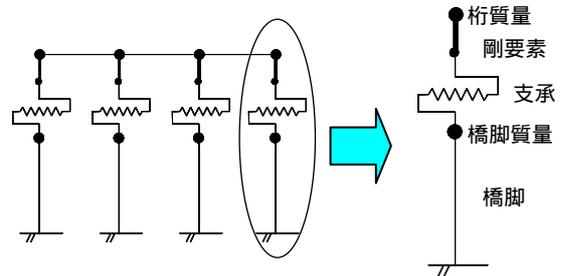


図-2 解析モデル

図-3 橋脚モデル

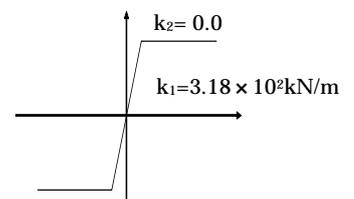


図-4 すべり支承の履歴特性

3.3 数値解析

時刻歴応答解析における数値積分法には Newmark 法 ($\gamma=1/4$) を用い、積分時間間隔を 0.001 秒とした。減衰は、部材別減衰定数評価による減衰マトリックスで定義した。入力加振波は、同波数 1Hz ~ 10Hz まで 1Hz 刻みの正弦波であり、実験において振動台で計測した加速度波に 15Hz のローパスフィルタをかけたものを使用した。解析コードは、汎用解析コード RESP-T である。

4. 解析結果

4.1 モデル 1 (1点固定)

まず入力振動数 (a)2Hz, (b)5Hz における桁の加速度を図-5、桁の変位を図-6 に示す。実験結果と解析結果を比較するとほぼ一致しているのが分かる。その他の入力振動数でも確認したが、実験と解析が一致しないものは入力振動数が 3Hz の場合 (図 5 (c)) だけであった。この 3Hz は解析モデルでの純粋な 1 点固定の固有周期に一致し、解析では共振により応答値が大きくなったものと考えられる。

4.2 モデル 2 (全すべり)

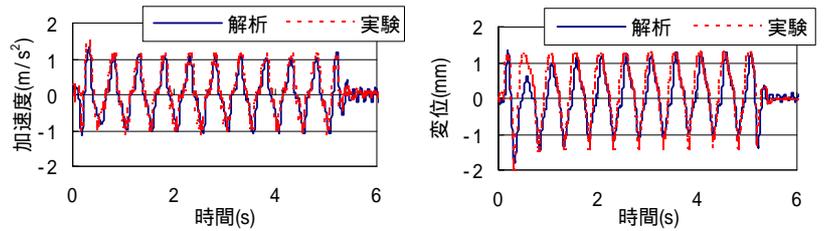
入力振動数 4Hz の桁の加速度を図-7、桁の変位を図-8 に示す。まず桁の加速度をみると、解析値の方が 15%ほど小さくなる。次に桁の変位だが、全ての支承がすべり支承なので、桁と橋脚が縁切りし、桁において残留変位が生じているのが分かる。その残留変位は、解析値が実験値より過大になる。その他の入力振動数でも同じ傾向が確認できた。桁の加速度に比べ桁の変位がシミュレートできないのは、全すべり状態や 1点固定においても、桁が過度に移動するとき実験モデルには解析では想定していない減衰もしくは摩擦力が作用しているためと考えられる。

5. 結論

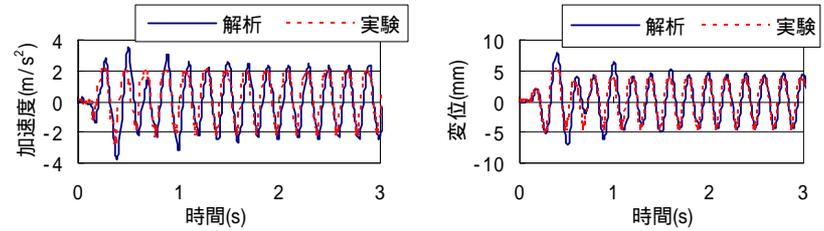
低摩擦すべり支承を用いた桁橋モデルの振動実験結果について、低摩擦すべり支承の摩擦力を塑性値とした簡易なバイリニア型モデルでもシミュレーションが可能であるが、桁の変位が大きく生ずるときには、実験モデル上に何らかの減衰 (変位を抑制する力) が働いている可能性があり、今後はこの点について解明していく予定である。

参考文献

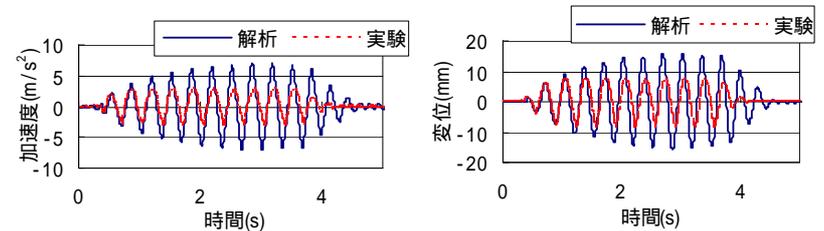
1) 大塚久哲, 田中弘紀, 山崎智彦, 西田壮宏: 低摩擦すべり支承を有する 3 径間連続桁橋の振動台実験, 第 12 回日本地震工学シンポジウム, pp998-1001, 2006.11



(a) 入力振動数 2Hz



(b) 入力振動数 5Hz



(c) 入力振動数 3Hz

図-5 桁の加速度

図-6 桁の変位

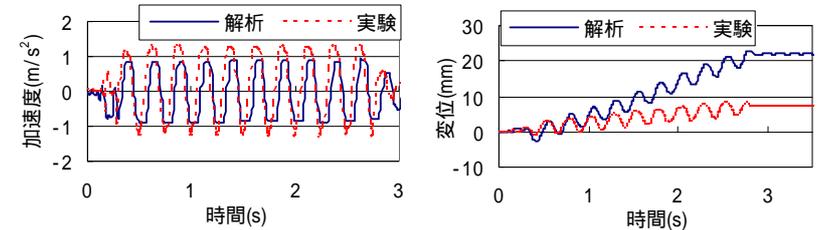


図-7 桁の加速度

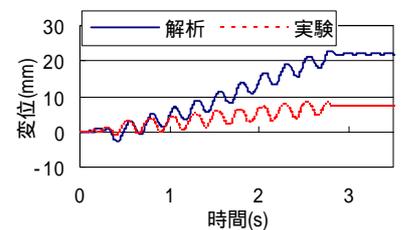


図-8 桁の変位

入力振動数 4Hz