

## 低摩擦型すべり支承を用いた床組免震化による長大ゲルバートラス橋の耐震補強検討

阪神高速道路公団 正会員 高田 佳彦  
 阪神高速道路公団 正会員 浜田 信彦  
 阪神高速道路公団 正会員 金治 英貞

## 1. 耐震補強の方針

港大橋は、中央径間510mのゲルバートラス橋である。現在のレベルに相当する近傍断層からの地震動による解析により、図-1のように主構トラス部材に座屈あるいは降伏発生の危険性があることが認められた。

橋軸方向地震動の対策として、床組免震化を検討している。本橋の床組は、トラス横桁上に固定・可動の支承板支承で支持されており、港大橋の総重量の40%にあたる20,000tfを占めている。既設支承は、兵庫県南部地震においても多くの被害が発生している。そこで、図-2のように、床組の支承の取替(既設BPA すべり支承+ゴムバネ)による床組免震化により、港大橋の耐震化を図る。その際、床組免震最適化検討を行った結果、すべり支承は低摩擦型(摩擦係数:  $\mu=0.04\sim0.06$ )を用いると応答低減効果が高いことが判明したため、その適用の検討を行った。

引張 -1.2 -1.0 -0.8 0.8 1.0 1.2 許容値/応答値(軸力) 圧縮

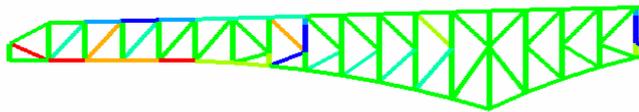


図-1 主部材軸力判定側面図(起点側定着桁)

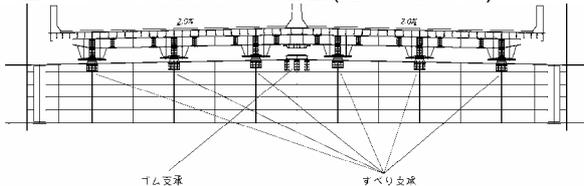


図-2 床組免震構造

## 2. 低摩擦型すべりの選定

すべり支承は、既設BPA支承の高さ以内に収める必要があることから、鉛直力支持機能および橋軸方向すべり移動機能を有する図-3のようなポット式すべり支承を用いることとした。摩擦係数は、すべり材と上沓との組合せにより決まる。ここでは一般的に橋梁用支承のすべり材として実績が多いPTFEを含め、表-1に示す3タイプのすべり材・上沓相手面について検討した<sup>1)</sup>

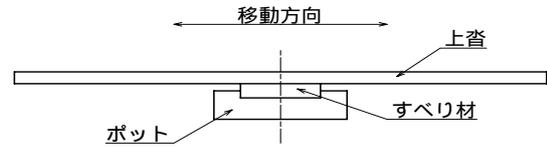


図-3 すべり支承構造図

表-1 支承選定候補材料

	すべり材	上沓相手面
材料1	PTFE	ステンレス板(フッ素コート処理)
材料2	繊維強化熱硬化樹脂	ステンレス板(フッ素コート処理)
材料3	ポリアミド	ステンレス板(フッ素コート処理)

図-4に材料2の摩擦試験結果を示す。材料2は、摩擦係数の面圧、速度依存性が他の材料より少々高く速度が上がると摩擦係数が低下すし、地震時の平均速度領域(500~600mm/s)で概ね $\mu=0.03\sim0.04$ 程度とやや低い、別途実施した振動台実験結果<sup>2)</sup>により、要素試験では摩擦係数は低くなる傾向があることが分かっている。また、耐摩耗性試験、耐久性試験、塩分付着状態における摩擦試験、紫外線における材料劣化試験においても良好な結果が得られたことから、材料2が床組免震のすべり支承として適用可能であると判断した。

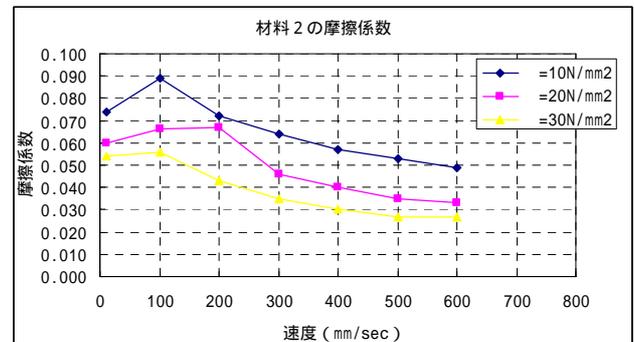


図-4 材料2の摩擦試験結果(要素試験)

## 3. 床組免震最適化検討

## (1) 応答低減効果

床組免震検討結果<sup>1)</sup>により、床組の固有周期を高め、支承の摩擦係数が下げると、主構の応答は低減し、床組(支承)の移動量は増加する傾向がある。床組免震による主構の応答を適切に低減させるためには、床組の固有周期をパラメータとした床組免震最適化検討を行った。

キーワード : 長大橋梁耐震補強, 床組免震, 低摩擦型すべり支承, すべり支承の耐久性, パラメトリック解析  
 連絡先 (559-0034 大阪市住之江区南港北 1-14-16WTC ビル 3 7F, TEL06-6615-7451 TEL06-6615-7449)

その際、橋軸方向地震動に対し、最も影響を受ける下弦材トラス部材に着目し、図-1の～の部材について、固有周期をパラメータとして応答低減を検討した。

図-5より、床組の固有周期 $T=3.0s$ に設定すれば、応答が平均で15%程度低減し、下弦材の以外の部材が弾性範囲に納まる。そこで、 $T=3.0sec$ を基本として検討を進める。なお、このときの主構橋軸方向固有周期は3.3secと、補強前の固有周期2.8secと比べて高周期化しておりそれにより主構の応答が低減している。

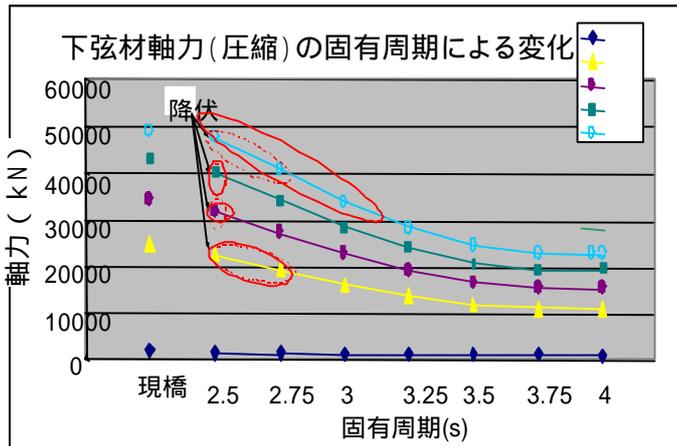


図-5 固有周期変化時の下弦材軸力の低減効果

(2) 動的特性に対応した摩擦係数の評価

すべり支承の摩擦係数は速度依存性が高く、その変動に伴う影響を適切に評価する必要がある。時刻歴応答速度解析により、床組の速度は最大で1.7m/sに達する。その際の平均速度に対する摩擦係数は $\mu=0.03$ 程度となり、それを考慮して検討を行う。

一方、すべり支承の可能移動量は、現地の制約条件から、既設部材の改良を現実的に実施できる範囲に抑えるには、67cm(片側振幅)以内に収める必要がある。

(3) パラメトリック解析

すべり支承の摩擦係数の変動に対して、床組免震の最適機能を得るため、摩擦係数と固有周期を変化させたパラメトリック解析を行った。その結果を、図-6に示す。同図より、「 $T=3.0s$ 固定」グラフはすべり支承の摩擦係数： $\mu=0.03$ において、支承変位は30%増大し、87cm程度となり、移動量を確保できない。一方、「 $\mu=0.03$ 固定」グラフにより支承設置可能な移動量を固有周期の短周期化で行うには2.5s以下とする必要があり、応答低減効果が得られない。したがって、摩擦係数 $\mu=0.03$ の場合、十分な支承の移動量を確保するのは困難であるため、落橋防止装置に床組桁が衝突することを許容し、衝撃および衝突エネルギーを評価し、構造系の安全性について検討を加えることにした。

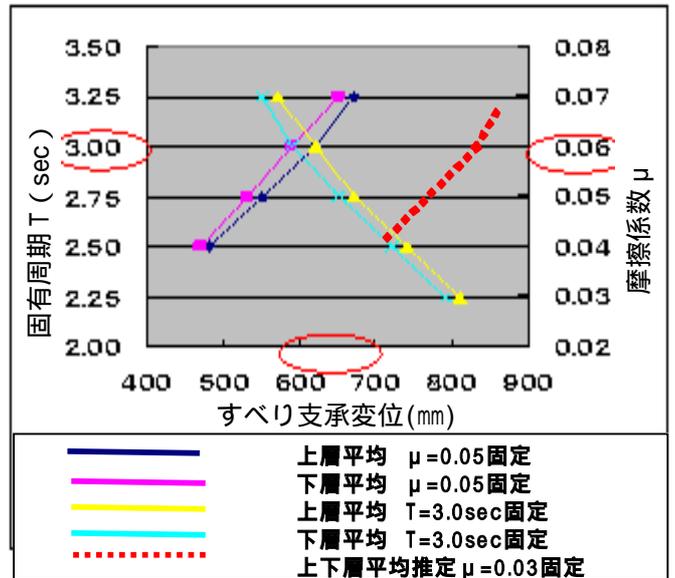


図-6 パラメトリック解析結果

(4) 衝突を考慮した応答検討

床組は、すべり支承が低摩擦挙動時( $\mu=0.03$ )に、落橋防止装置を介して、主構横桁に衝突することになる。

衝突を考慮した主構応答解析を行った結果、横桁は衝突荷重が許容耐力を超えることが判明した。そこで、衝突時の衝撃を緩和し、エネルギー吸収による反力低減効果を計るため、図-7のように緩衝装置を設置することとした。緩衝装置は、ゴムの中にシート状の繊維を積層埋設して一体化したゴム繊維複合緩衝材を採用した。緩衝材を考慮した主構応答解析を行った結果、衝突荷重を受ける横桁は、許容耐力に収まることを確認した。

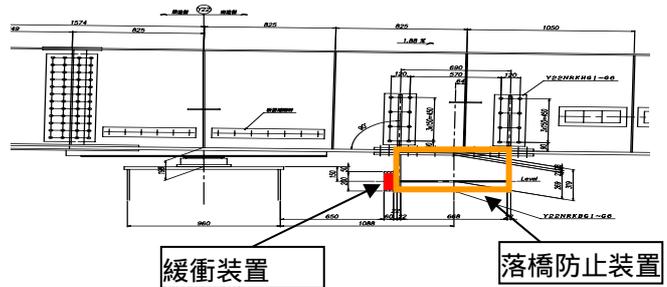


図-7 落橋防止装置および緩衝装置配置図（側面図）

4. おわりに

床組免震の検討に際し、すべり支承の速度依存性を適切に評価し床組の主構横桁への衝突を考慮のうえ耐震性の向上を図っている。今後、支承の長期安定性能を検証するためモニタリングを行うことを考えている。

参考文献

- 1) 高田 佳彦, 浜田 信彦, 金治 英貞: 低摩擦係数型すべり支承を用いた床組免震化による長大ゲルバートラス橋の耐震補強検討, 日本道路会議2003.11
- 2) 京都大学大学院工学研究科構造: 滑り型免震橋梁の振動台実験受託研究報告書 平成15年3月