

免制震すべりシステムを適用した既設吊橋の床組連続化検討

西日本高速道路(株) 正会員 ○森下 弘大 非会員 榎本 明博 非会員 宮城 圭汰
NEXCO 西日本コンサルタンツ(株) 正会員 井ヶ瀬 良則 正会員 荒巻 真二 正会員 吉田 直弘

1. はじめに

関門自動車道 関門橋では、耐久性・走行性等の向上を目的として下関側径間の床組を連続化しており、門司側径間についても実施予定である。下関側径間の連続化工事では、「ケーブル併用制震すべりシステム」が適用された。この連続化構造で供用してから4年が経過した。本稿は、下関側径間の設計・施工経験を踏まえた更に合理的な門司側径間の連続化構造の検討について述べるものである。

2. 下関側径間の連続化構造の特徴と耐震性能考察

下関側径間の連続化構造を図-1 に示す。床組を支持する既設支承(橋軸方向1点固定)を全て橋軸方向可動なすべり支承に交換し、床組とアンカレイジ・主塔間に固定ケーブル B1 と制震ダンパー B2 を設置する構造が採用された。温度時及び L1 地震時における床組と補剛桁間の相対変位による伸縮装置への悪影響を防ぐ目的で仮固定装置 A1 を設置した。また、L2 地震時における床トラスへの悪影響を防ぐ目的で、A1 の耐力は温度時と L1 地震時の応答値以上、L2 地震時の応答値以下とした。なお、A1 は耐力未満では固定支承の挙動を、耐力超過後は可動支承の挙動を示す。

L2 地震時に、A1 の耐力を超える荷重が生じ、床組と補剛桁間がフリーとなり、両者間に過大な相対変位が生じてすべり支承変位が許容値を超過して床トラスに悪影響を及ぼす恐れがある。また、下関側径間のような固定ケーブルと制震ダンパーとの併用は、各々のデバイスの耐震抵抗の機能が十分に発揮されていない可能性がある。

3. 床組と補剛桁との固定装置の検討 (門司側径間)

固定装置の要求性能として①床組と補剛桁との相対変位を伸縮装置及びすべり支承の許容変位量以下に抑えること②固定装置の設置部位の安全性が確保できることが求められ、以下の3案について検討した。(図-2)

■A1 仮固定装置案: 径間中央において床組縦桁と床トラス上弦材を固定する装置を設置する。設置箇所は死荷重反力が比較的に大きい縦桁 A, B, C の下とする。

■A2 固定ケーブル案: 径間中央において床組縦桁と床トラス上弦材をケーブルで固定する。固定ケーブルの反力による床トラス上弦材の負担を軽減するために、固定部位は床トラス上弦材と上横構との交点とする。設置する箇所は縦桁 B, C 間で、上下線合計で2箇所とする。

■A3 ゴム支承案: 床組かけ違い部を連続化する際に、箱桁タイプの横桁を新設し、その下に水平力を抵抗するゴム支承を設置する。設置部位は A2 と同様に床トラス上弦材と上横構との交点とし、上下線合計で6箇所とする。

キーワード 吊橋, 床組連続化, 免制震すべりシステム, 耐震性能

連絡先 〒812-0013 福岡市博多区博多駅東3丁目13番15号 西日本高速道路(株)九州支社 TEL092-260-6111

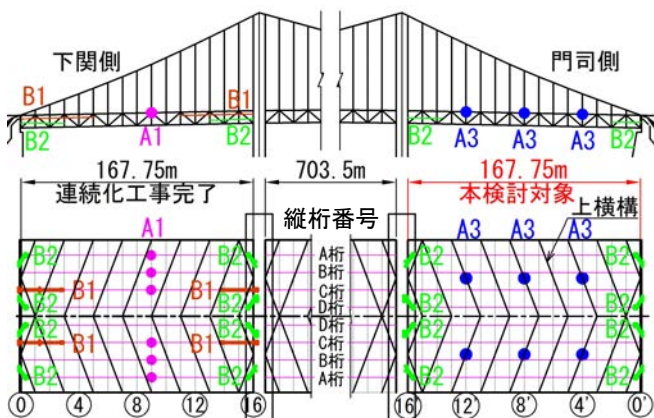


図-1 対象橋梁連続化構造図

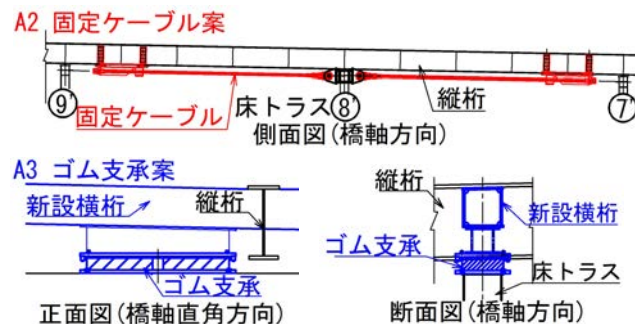
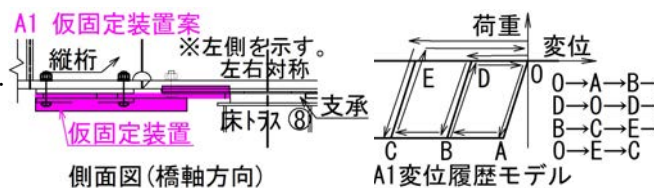


図-2 床組と補剛桁との固定装置案

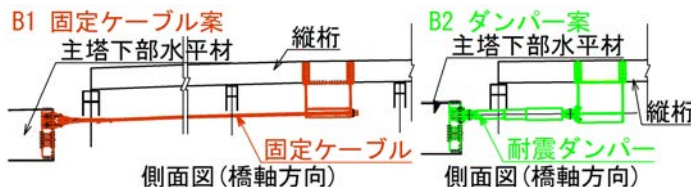


図-3 床組とアンカレイジ・主塔との連結装置案

A1, A3 の L2 地震応答を図-4 に示す。A1 では、時刻 30s 付近で仮固定装置が耐力を失い、床組と補剛桁間のすべり支承とほぼ同様に応答している。すべり支承は時刻 100s 付近で許容値 0.2m を超過し、床組と補剛桁（床トラス）間の変位が拘束される影響で床トラスの応答が降伏に達した。これに対して、A3 は A1 と異なり、ゴム支承による床組と補剛桁間の復元力が機能し、すべり支承の変位が抑えられ、A1 のような変位超過が生じなかった。A2 の耐震解析結果は A3 とほぼ同様な傾向で、耐震性は A1 より優れる。

A2 と A3 は、常時・温度時に床組と補剛桁間に伸縮装置の許容移動量以上の相対変位が生じることを防ぐ目的で、復元力がすべり支承の摩擦力を上回るよう固定ケーブルと支承形状を計画した。なお、A2 では上述の復元力が上横構の固定ボルトの抵抗力を超過しているため、ボルトの補強が必要となり施工性に劣る。従って、耐震性・施工性等に優れる A3 を推奨案とした。

4. 床組と下部構造間の連結構造の検討

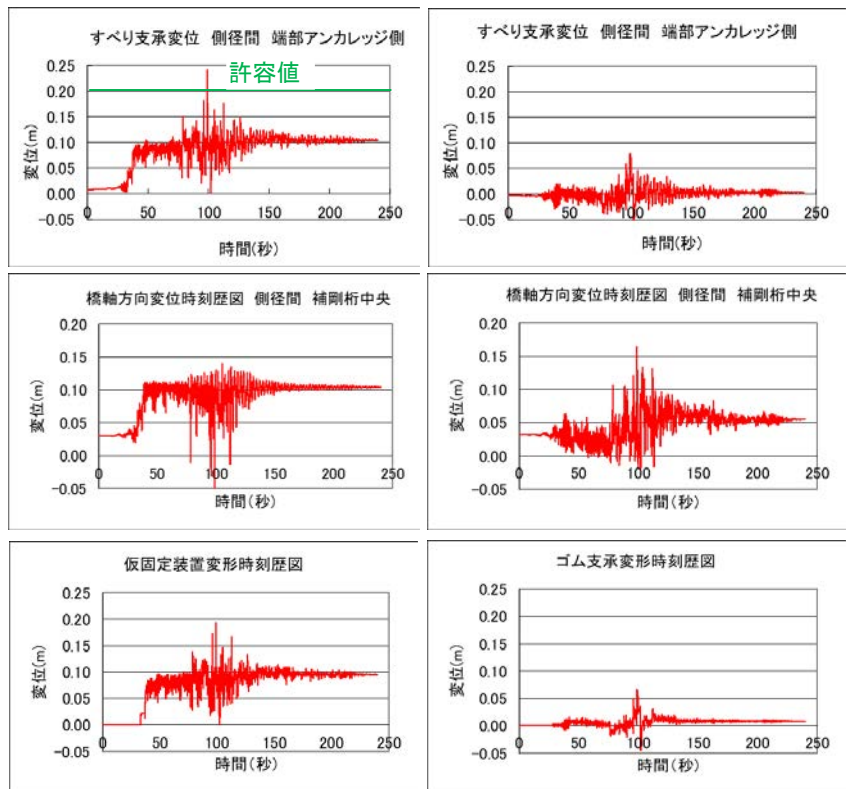
連結構造の要求性能として①床組の慣性力を下部構造に伝達させて橋梁の耐震性能を確保すること②地震後に床組が初期位置に戻ることが求められ、図-3 に示す 3 案について検討を行った。なお、床組と補剛桁との固定装置は 3 案とも A3 とした。

■**B1 固定ケーブル案**：床組縦桁 C の下に下部構造と連結するケーブルを配置する。 ■**B2 制震ダンパー案**：床組縦桁 A, D の下に下部構造と連結するダンパーを配置する。 ■**B1, B2 併用案**：上記ケーブルとダンパー両方を配置する。

上記 3 案の地震応答の比較を表-1 に示す。B1 よりも B2 の耐震性能が優れており、B1 と B2 を併用しても B2 に比べて耐震性能の大きな向上が見られなかった。図-5 に示す通り、ダンパーの有無によりケーブルの応答が大きく異なる。一方、ケーブルの有無によるダンパーの応答の影響が殆どなかった。B1, B2 併用の場合、B1 の応答が減少しており、耐震抵抗への寄与が小さいことが分かった。B1 には地震後の床組を初期の位置に戻すことで床組と補剛桁間の過大な変位を回避することを期待しているが、A3 のせん断剛性を B1 の引張剛性以上とし、B1 と同程度以上の復元性能を確保できると考えられる。以上より、耐震性の観点から A3 及び B2 の併用が最も合理的と言える。

5. まとめ

本検討は下関側径間連続化工事を踏まえて、より合理的な門司側径間連続化構造について検討した。床組と補剛桁間の相対変位が伸縮装置の許容移動量以下となるゴム支承、床組の慣性力を下部工へ伝達する制震ダンパーを設置することとした。今後、ゴム支承のサイズ縮小を目指し、床組と補剛桁間の変位挙動を精査する予定である。



A1 (B1+B2) 仮固定装置適用モデル

A3 (B2) ゴム支承適用モデル

図-4 地震時応答比較 (橋軸 L2 タイプ I 地震, +30°C)

表-1 床組と下部構造との連結検討案の地震応答比較 (橋軸タイプ I)

	B1 (A3) 案	B2 (A3) 案	B1+B2 (A3) 案
床トラス上弦材ひずみ	$\varepsilon_{max}/\varepsilon_y = 0.58$ 格点: 4'	$\varepsilon_{max}/\varepsilon_y = 0.46$ 格点: 4'	$\varepsilon_{max}/\varepsilon_y = 0.44$ 格点: 4'
床トラス垂直材ひずみ	$\varepsilon_{max}/\varepsilon_y = 1.09$ 格点: 5'	$\varepsilon_{max}/\varepsilon_y = 0.91$ 格点: 5'	$\varepsilon_{max}/\varepsilon_y = 0.84$ 格点: 5'
すべり支承	191 mm < 200 mm	71 mm < 200 mm	116 mm < 200 mm

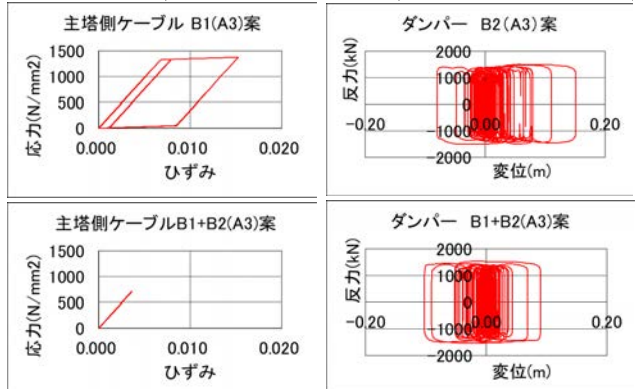


図-5 B1 と B2 の地震応答比較 (橋軸タイプ I, +30°C)