

既設吊橋における床組連続化及び制震化が地震時応答に及ぼす影響

西日本高速道路(株) 正会員 ○後藤 昭彦

九州大学大学院工学研究院 正会員 松田 泰治

NEXCO西日本コンサルタンツ(株) 正会員 松田 宏

1. はじめに

関門橋では、環境や交通荷重の影響により腐食や疲労損傷が多数発生していた。このため、塗替塗装、床組支承交換、主ケーブル防錆対策及び床組連続化などの全体リフレッシュ工事を実施中である。また、本橋は本州と九州を結ぶ重要な橋梁であるとともに吊橋という特殊構造であるため、大規模地震時における耐震性能についても種々の検討を行ってきた。

本報文は、リフレッシュ工事の一環で試験的に実施した下関側側径間の床組連続化及び制震構造が耐震性能に与える影響について、動的解析により床組連続化していない門司側側径間と比較検証した内容について報告するものである。

2. 床組連続化構造

疲労対策として床組支承交換(BP-B)を行うが、合わせて伸縮装置からの漏水対策としての床組連続化を検討した。なお、通常の固定支承では床組連続化による温度変化に追従できないため、新しい試みとして橋軸方向の支承条件をすべて可動(橋軸直角方向は内桁のみ固定)とし、地震時の挙動制御と復元制御を制震ダンパーと固定ケーブルで行う構造を下関側側径間で採用した。(図-1、写真-1 参照)

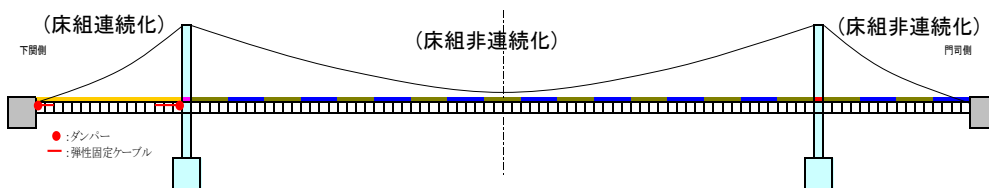


図-1 現在の床組連続化状況



写真-1 床組制震ダンパー

3. 解析条件

3.1 解析モデル

解析モデルは3次元モデルとし、図-2に示すとおり質点も含めて床トラス、縦桁、横桁、床版を詳細にモデル化した。なお、本解析で塑性化すると予測される部材(床トラス上弦材、補剛桁上弦材など)はファイバーモデルとした。

さらに、より実挙動を再現するために、補剛桁、床組縦桁においては伸縮装置部における主塔及び隣接縦桁間との衝突の影響を考慮し、主塔においては降伏後の圧縮座屈による非線形性を考慮したモデルとした。(図-3、図-4 参照)

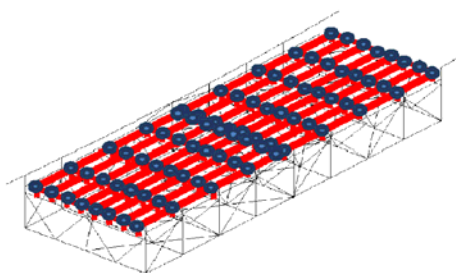


図-2 補剛桁・床組モデル

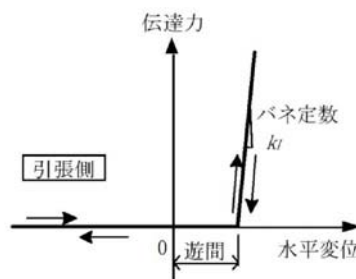


図-3 桁端衝突バネのモデル化

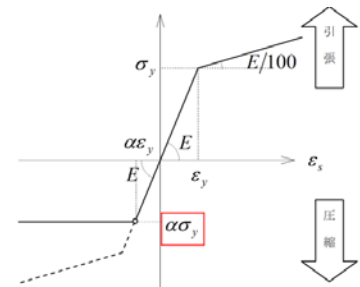


図-4 材料非線形モデル(主塔)

3.2 検討ケース

検討ケースはL2地震動(道示波)とし、これまでの解析結果からタイプI(橋軸・橋軸直角)、タイプII(橋軸直角)について主に着目した。なお、大型伸縮装置の影響を考慮し、伸縮装置部をフリー及び固定の条件についても実施した。

キーワード 吊橋, 耐震性能, 動的解析, 床組連続化, 制震構造

連絡先 〒807-1263 北九州市八幡西区金剛 403-1 西日本高速道路(株) 北九州 TEL093-618-3290

4. 解析結果および考察

4.1 補剛トラス桁（床トラス）における応答

図-5に門司側径間（非連続化部）の床トラス上弦材における応答値を示す。補剛トラス桁端部の固定支承を支える床トラス上弦材において、最大ひずみが降伏ひずみを大きく超過し、最大 $17.7\epsilon_y$ に達する箇所が発生した。ファイバーモデルでは一般に圧縮座屈は考慮できないが、変形性状から部材座屈は生じていると考えられる。これは、図-6に示すとおり床組固定支承から床トラスに伝わる力を上横構が突っ張り材の役割を果たしてしまい局所的な大きな応答となっているためと考える。当然ながら、全て可動支承としている下関側径間ではこのような大きな応答は発生していない。

また、図-6のとおり桁端付近で局所的に床トラス上弦材が損傷するが、補剛桁全体及び床組は連続構造であるため、床組が落下するような状況には至りにくいと考えられる。

4.2 床組支承部における応答

図-7に床組固定支承（橋軸直角方向）の応答値を示す。側径間端部付近において大きな応答が発生し、門司側では支承取付けボルトの耐力を超過する箇所も発生した。中央径間は長スパンで長周期成分が卓越（1次周期 10.6 秒）するのに対し、側径間は短スパンで（1次周期 1.3 秒）と比較的短周期成分が卓越する構造であり、応答が大きくなる傾向にある。

なお、連続化した下関側で大規模伸縮装置が健全とした場合、門司側に比べ応答が小さい傾向を示した。これは、大規模伸縮装置を通して、アンカレイジ、主塔水平材に水平力が分散されるためと考える。

4.3 主塔における応答

図-8に下関側及び門司側主塔の橋軸方向加震時の応答値の比較を示す。全体的に連続化した下関側主塔の応答が小さくなっており、特に塔頂部及び基部においては約半分程度となっている。これは連続化に伴う固定ケーブルの復元力、制震ダンパーの減衰力効果が大きく、主塔下水平材付近の水平変位が抑制されるためと考える。

なお、主塔については吊橋では主ケーブルに続き最も重要な部材であるため、降伏を超える応答は発生させない方がよいと考える。

5. おわりに

今回、詳細モデルによる動的解析により側径間床組の連続化及び制震化についての検証を行った。その結果、連続化及び制震化による地震応答の低減効果が多くの部材で確認できた。このため、非連続化区間である門司側径間についても連続化を実施する予定である。なお、中央径間の床組連続化については、施工方法も含め今後検討する予定である。

最後に、関門橋補修検討会において委員の方々に助言等のご協力を頂きました。ここに深く感謝申し上げます。

参考文献 1)松田他：既設吊橋に適用するケーブル併用制震すべりシステムの研究

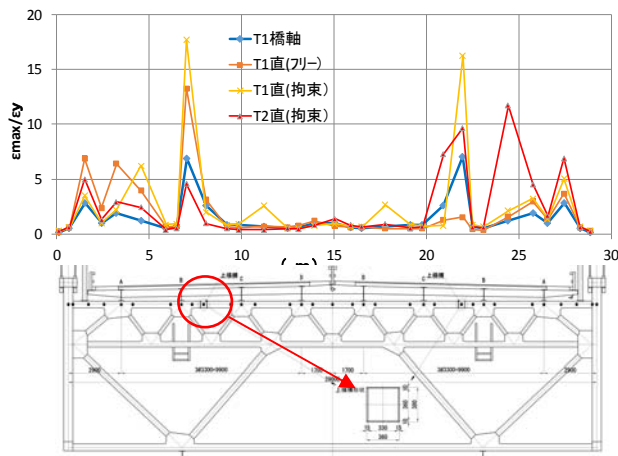


図-5 床トラス上弦材応答値（格点②'）

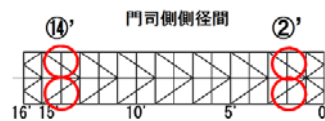


図-6 床トラス上弦材の塑性化領域（門司側側径間）

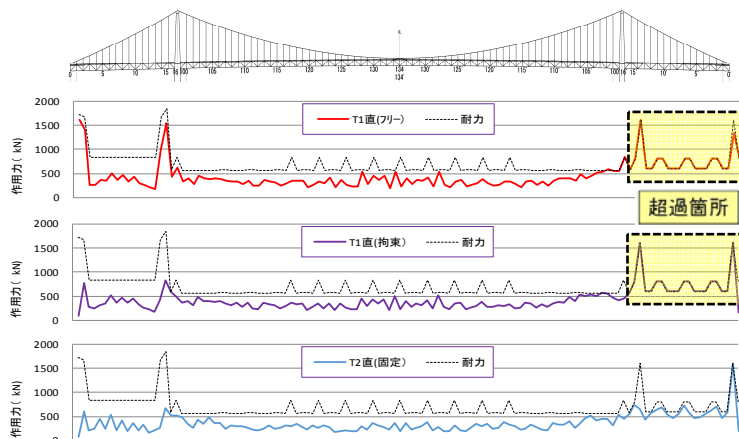


図-7 橋軸直角方向固定床組支承ボルト応答値

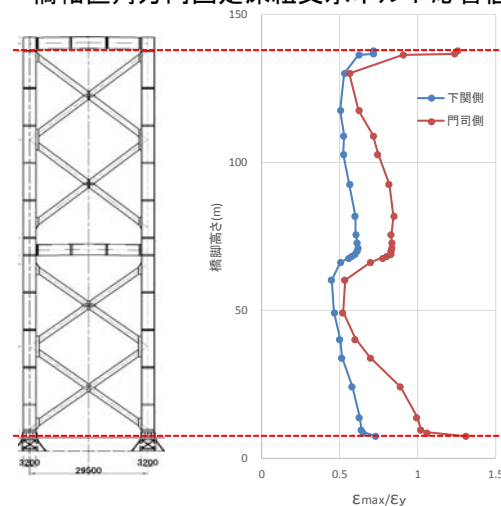


図-8 両主塔における応答値比較（橋軸方向）