

## 吊橋床組の連続化に関する検討

(株)ドーユー大地 正会員 ○松田 宏 熊本大学大学院 正会員 松田 泰治  
 西日本高速道路(株) 正会員 今村 壮宏 山下 恭敬  
 西日本高速道路エンジニアリング九州(株) 正会員 松田 哲夫 正会員 大石 義成  
 オイレス工業(株) 正会員 宇野 裕恵 JIP テクノサイエンス(株) 打越 丈将

## 1. 目的

検討対象橋は図-1 に示す海峡を渡る既設吊橋であり、構造各部位において発錆し、床組縦桁支点部には疲労亀裂が顕在化している。これらの原因の一つとして、伸縮装置からの漏水や既設線支承がすべりおよび回転機能を低下させていることにある。このため、線支承を BP-B 支承に交換すると共に、床組縦桁の連続化についても検討している。本検討では主に床組縦桁を支持する床トラス上弦材に着目した。

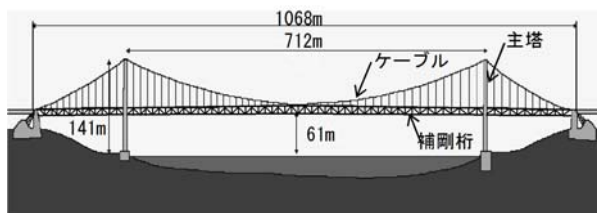


図-1 検討対象吊橋一般形状

## 2. 検討条件

本四架橋の建設以降は床組構造の殆どに BP-B 支承が採用されており、本検討においても同様とした。また、吊橋構造における床組構造の橋軸直角方向に対しては、風荷重の変形量による影響が大きいことから、図-2 に示す3ケースの縦桁のスパン割に対して比較することとした。ここで、案1は既設時（現況）であり、中央径間は支間10mの鋼4径間連続非合成鉄桁が17連より構成されている。一般には、近年実施されている桁連結・ノージョイント化<sup>1)</sup>の有効性を配慮し、図-2中の案2、案3のように多径間に渡り連続化を図り、支点数を削減することが支点部付近の疲労防止策にも繋がるものと考えられる。一方、橋軸方向の支持構造については、レベル2地震時における制震対策なども必要と考えられるが、本検討では、常時ならびにレベル1地震動に対する検討に留め、図-3に示すとおり3ケースの支点条件による差異について比較した。

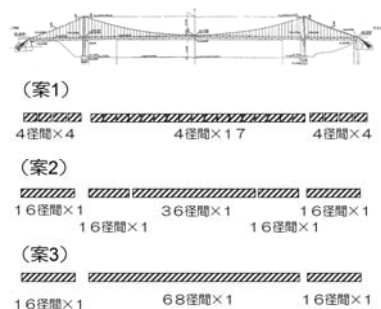


図-2 連続径間数

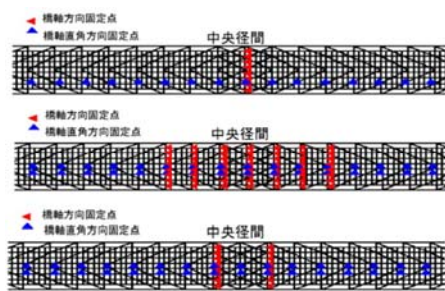


図-3 中央径間の支点条件

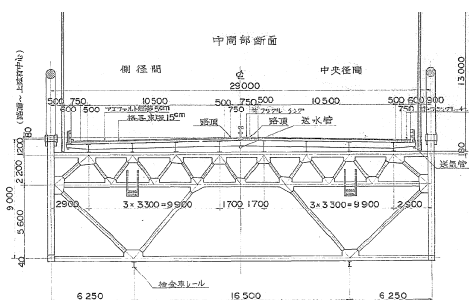


図-4 床トラス構造

## 3. 設計荷重、照査方法および解析モデル

本稿では、図-4 に示す床トラス構造の上弦材、補剛桁および支承に着目した。照査に用いる荷重並びに組み合わせケースは、床トラス構造については表-1(a)に、補剛桁については表-1(b)に示す。照査は現行道示Ⅱに従い、図-5 に示す3次元モデルによる解析結果を用いて、軸力と曲げを受ける部材の照査および曲げとせん断の組み合わせによる照査を行った<sup>2)</sup>。なお、当初設計では、床組トラスは、2次元面内モデルにより床組トラスに作用する床板・床組等の死荷重および活荷重の常時荷重に対する面内設計で断面決定されていた。常時での吊橋の全体変形における橋軸方向の検討でも補剛桁横構ですべて負担する面内構造解析が用いられており、橋軸直角方向に対する風・地震荷重に対する検討も補剛桁・床組トラス・横構を梁モデルにした面内解

キーワード 既設橋補修・補強、吊橋、桁連続化、BP-B 支承、多径間連続、3次元モデル

連絡先 〒359-0021 埼玉県所沢市東所沢 2-27-12 (株)ドーユー大地 埼玉支社 構造部 TEL 04-2945-5500

析で行われていた．そこで，今回連続化を検討するにあたり解析精度の向上を目指し，床組トラス上・中・下弦材と横構等を忠実にモデル化した3次元解析とした．

4. 検討結果

(1)連続径間数の違いについて

連結径間数の検討には橋軸直角方向の風時が支配的である．本検討では，いずれの連結においても表-1に示す荷重状態では縦桁や補剛桁の構造的性は満足した．しかし，案2の4+9+4連の連結では橋軸直角方向の曲げ変形に伴い，縦桁の橋軸方向の伸縮量が大きくなるため桁端を切断する等の処理が必要になることから，4+9+4連の連結は全径間連結に比べて有利とならないことがわかった．図-6には橋軸直角方向に風荷重を作用させた場合の補剛桁の変形図を示す．既設時（案1）に対して全径間連結する（案3）ことにより，変形量は約20%低減する．

(2)橋軸方向固定位置について

照査結果一覧を表-2に示す．常時状態では，1点,7点固定は，死+活（+温）のケースにおいて支間中央部で満足しない結果となり,2点固定の場合のみ構造的性を満足した．表-3には一例として，2点固定の中央径間支間中央部の支点位置での照査結果を示す．また，レベル1地震時においては，床組縦桁に固定構造を設け多点固定とすると，1点支持では床トラスの耐力が不足し，また7点支持でも補剛桁の鉛直たわみによる橋軸方向の拘束力が増し，1点支持と同様に構造的性は満足しなかった．また，4径間連続非合成鉄桁を17連で構成した条件下では，橋軸方向のレベル1地震動に対して構造的性は満足しなかった．

5. まとめ

連続径間数は中央径間では全桁連続化し，橋軸方向には2点支持した条件が唯一構造的性を満足することがわかった．以後，この条件でレベル2地震時の検討を行うこととする．

参考文献

- 1)(財)道路保全技術センター：既設橋梁のノージョイント工法の設計施工手引き(案),1995.1 2)(社)日本道路協会：道路橋示方書・同解説Ⅱ鋼橋編，2012.3

表-3 照査例（2点固定，中央径間）

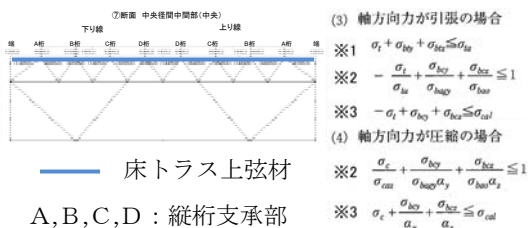


表-1 荷重組み合わせ表

| (a)床トラス上弦材照査用 |                 |      |                  |      |         |         |          |
|---------------|-----------------|------|------------------|------|---------|---------|----------|
| ケース番号         | 組合せケース名         | 割増係数 | 自重               | L活荷重 | 風荷重(直角) | 風荷重(橋軸) | 温度ヒックアップ |
| 101           | 死+活             | 1.00 | ○                | ○    |         |         |          |
| 102           | 死+活/2+風(直角)/2   | 1.25 | ○                | ○    | ○       |         |          |
| 103           | 死+活+温           | 1.15 | ○                | ○    |         |         | ○        |
| 104           | 死+活/2+風(直角)/2+温 | 1.35 | ○                | ○    | ○       |         | ○        |
| 105           | 死+活/2+風(橋軸)/2   | 1.25 | ○                | ○    |         | ○       |          |
| 106           | 死+活/2+風(橋軸)/2+温 | 1.35 | ○                | ○    |         | ○       | ○        |
| 107           | 死+風(直角)         | 1.35 | ○                |      | ○       |         |          |
| 108           | 死+風(橋軸)         | 1.35 | ○                |      |         | ○       |          |
| 201           | 照査用ヒックアップ       | 1.00 | 101-108最大値ヒックアップ |      |         |         |          |

| (b)補剛桁上弦材照査用 |               |      |                  |         |         |          |   |
|--------------|---------------|------|------------------|---------|---------|----------|---|
| ケース番号        | 組合せケース名       | 割増係数 | L活荷重             | 風荷重(直角) | 風荷重(橋軸) | 温度ヒックアップ |   |
| 101          | 活             | 1.00 | ○                |         |         |          |   |
| 102          | 活/2+風(直角)/2   | 1.25 | ○                | ○       |         |          |   |
| 103          | 活+温           | 1.00 | ○                |         |         |          | ○ |
| 104          | 活/2+風(直角)/2+温 | 1.25 | ○                | ○       |         |          | ○ |
| 105          | 活/2+風(橋軸)/2   | 1.25 | ○                |         |         | ○        |   |
| 106          | 活/2+風(橋軸)/2+温 | 1.25 | ○                |         |         | ○        | ○ |
| 107          | 風(直角)+温       | 1.35 |                  |         | ○       |          | ○ |
| 108          | 風(橋軸)+温       | 1.35 |                  |         |         | ○        | ○ |
| 201          | 照査用ヒックアップ     | 1.00 | 101-108最大値ヒックアップ |         |         |          |   |

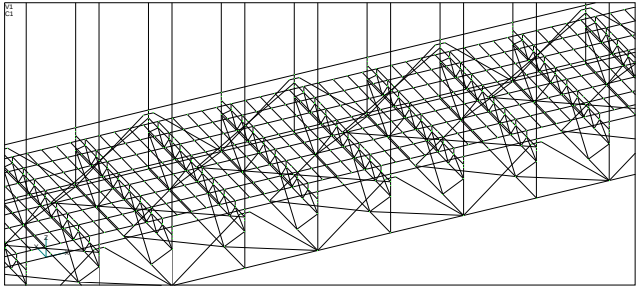


図-5 3次元解析モデル

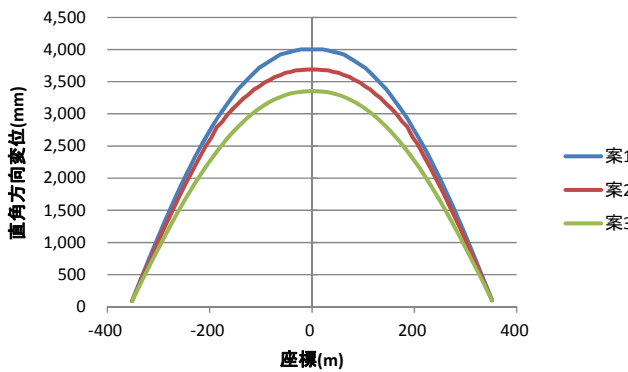


図-6 風荷重による橋軸直角方向変位

表-2 照査結果一覧

| モデル  | 曲げ応力σ | せん断τ | 合成応力 | 安定計算 |
|------|-------|------|------|------|
| 1点固定 | NG    | NG   | NG   | NG   |
| 7点固定 | NG    | NG   | NG   | NG   |
| 2点固定 | OK    | OK   | OK   | OK   |

|                                           |         | 下り線                        | D桁-D桁                     |                           |  |
|-------------------------------------------|---------|----------------------------|---------------------------|---------------------------|--|
|                                           |         | C桁-D桁                      |                           |                           |  |
| 部材番号                                      |         | 62053                      | 63053                     | 14453                     |  |
| 応力度                                       |         |                            |                           |                           |  |
| $\sigma_x < \sigma_{ca}$ or $\sigma_{ta}$ | [N/mm2] | -59.4 < -136.3 (1)         | -56.7 < -136.3 (1)        | -56.7 < -136.3 (1)        |  |
| 4.3.1 ※1                                  | [N/mm2] | -14.6 < 140.0 (5)          | -25.0 < 140.0 (13)        | -25.0 < 140.0 (13)        |  |
| 4.3.2 or 4.3.4 ※2                         |         | <b>0.756 &lt; 1.0 (12)</b> | <b>0.664 &lt; 1.0 (1)</b> | <b>0.664 &lt; 1.0 (1)</b> |  |
| 4.3.3 or 4.3.5 ※3                         | [N/mm2] | 104.2 < 140.0 (12)         | 91.5 < 140.0 (1)          | 91.5 < 140.0 (1)          |  |
| $\tau < \tau_a$                           | [N/mm2] | 5.6 < 80.0 (10)            | 15.3 < 80.0 (3)           | 15.3 < 80.0 (3)           |  |
| 合成応力度                                     |         | 0.543 < 1.2 (12)           | 0.428 < 1.2 (6)           | 0.428 < 1.2 (6)           |  |
| 荷重ケース                                     |         | 死+活+風                      | 死+活                       | 死+活                       |  |