

吊橋ケーブルバンドのすべり安全性に関する検討

本州四国連絡高速道路(株)

正会員 ○森山 彰

同

正会員 山田 郁夫

同

正会員 横井 芳輝

1. はじめに

吊橋のケーブルバンド(以下、「バンド」という。)は、吊橋で道路面を有する桁構造(補剛桁)を吊るハンガーロープを主ケーブルに固定する部材であり、バンドと主ケーブル間に働く摩擦によってその位置を保持している。この摩擦力は、バンドを固定するケーブルバンドボルト(以下、「ボルト」という。)に軸力を導入することにより得られるため、所要のすべり安全性を確保するためには、ボルトの軸力管理が必要となる。このボルトには経時的な軸力低下が生じており、所要の安全性を確保しつつ合理的な管理を行うためには、ボルトの再締め付けの必要性の判断や実施時期を管理において適切に設定する必要がある。^{1),2)}。本検討は、バンドの合理的な維持管理手法を確立することにより、管理コストの削減を図ることを目的に実施している。本稿では、バンドのすべり安全性に関する検討について報告する。

2. すべり安全性の検討

(1)検討内容

すべり抵抗力は、バンドと主ケーブル間の摩擦力であるため、バンドを主ケーブルに押しつける力、すなわちボルト軸力の大きさによってすべり抵抗力の大きさが左右される。バンドの設計では、ボルトの軸力低下をあらかじめ仮定して、所要のすべり安全性を確保するようにボルト本数、導入軸力を決定している。しかし、管理におけるボルト軸力調査の結果では、設計時の仮定を上回るボルト軸力の低下が発生している。

本四連絡橋では図-1 に示すバンドを採用している吊橋が多い。この場合、主ケーブルおよびバンドを横架して鞍掛けされるハンガーロープによって、バンドを主ケーブルに押しつける側圧効果を見込むことができる(図-2)。この側圧効果は、ボルト軸力による締め付け効果と同様である。一方、明石海峡大橋では、ハンガーロープの他、周辺部材の構造の合理化や施工の省力化を目的にバンド構造を変更している(図-3)。本構造形式はハンガーロープがバンド上を横架されないため、ハンガーロープによるバンドの側圧効果が期待できない。すなわち、ボルトに軸力低下が生じた際に内圧が期待できない可能性があり、すべり安全性の検証が必要と考えられた。そこで、図-3 に示すバンドを対象に、ボルトに軸力低下が生じた際の安全性について、バンドと主ケーブル接触部のバンド内部の圧力分布を解析的に調査することにより摩擦力の評価を行った。

(2)検討モデル

バンドは主ケーブルへの取り付け箇所によってタイプが分類される。バンド長が異なる長短 2 種を対象に FEM モデルによる弾塑性有限変位解析を行った。解析モデルは、ケーブルおよびバンド要素はソリッド要素と

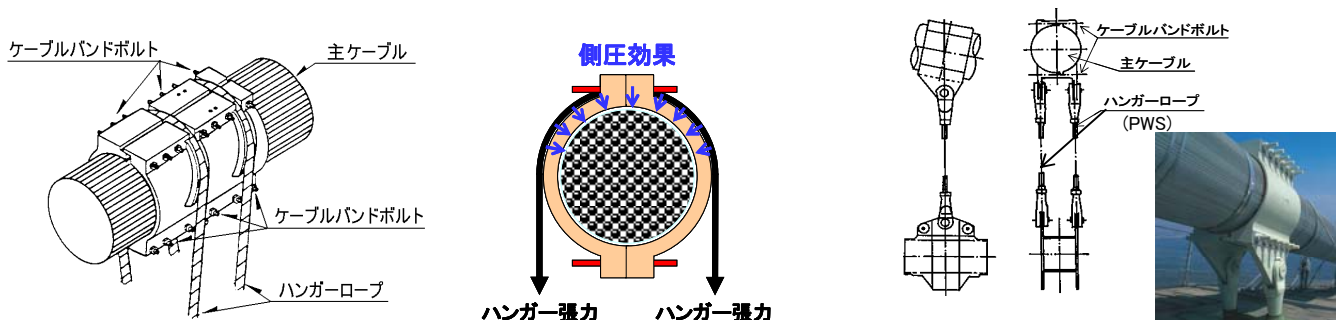


図-1 ケーブルバンド(鞍掛け) 図-2 ハンガーロープによる側圧効果 図-3 ケーブルバンド(ピン定着)

キーワード 吊橋, ケーブルバンド, すべり, 摩擦, 安全性

連絡先 〒651-0088 兵庫県神戸市中央区小野柄通 4-1-22 本州四国連絡高速道路(株) 長大橋技術センター TEL078-291-1073

し、ケーブル部は素線の集合体であることを再現するため弾性係数 $5,900\text{N/mm}^2$ と柔な部材として評価した。ケーブルとバンド間にはギャップ要素を挿入し、軸方向の浮き上がりを再現するとともに、接触時の摩擦を考慮できる非線形部材とし、すべりの限界値（内圧 $\times\mu$ 、 μ は摩擦係数で0.15を設計で採用）を上回った場合に摩擦が切れる現象をモデル化した。ギャップ要素の特性を図-4に示す。

(3)検討結果

円周方向のバンドの内圧分布を図-5に示す。バンドが2分割されている影響で上下端では大きな内圧が生じるが、ほぼ設計時の想定に近い内圧が生じている。ボルトに軸力低下（導入軸力の50%）が生じると内圧は小さくなる傾向にあり、バンド下端部近傍ではバンドに浮き上がりが生じる。この浮き上がりが生じる範囲は、長短2種の解析結果よりバンド長さが短いと大きくなる。図-6にはケーブル軸方向の摩擦応力分布を示す。内圧に摩擦係数を乗じることで抵抗力（内圧 $\times 0.15$ ）を設定し、ハンガー張力によってケーブル軸方向に生じるせん断応力との大小でバンドのすべり安全性を評価した。図-5、図-6はバンドの軸方向における端断面での分布図であり、バンド軸方向に累計したものを図-7に示す。仮にボルト軸力が50%程度低下した場合でも、抵抗力（内圧 $\times 0.15$ ）>作用力（ハンガー張力のすべり方向分力）であり、すべりに対する安全性が確保できることが確認できた。

3. あとがき

バンド構造形式が異なることに起因して、バンド軸力低下時にすべり安全性を損なうことが懸念された。しかし、現状で想定される導入軸力の50%程度の軸力低下ではすべり安全性を確保できることが確認できた。今後、ボルトに残存する軸力のバラツキや、バンドのすべり力を決定するハンガーロープ張力について、地震時他の荷重作用時に生じる張力値の検証等を行い、バンドのすべり安全性を評価する予定である。

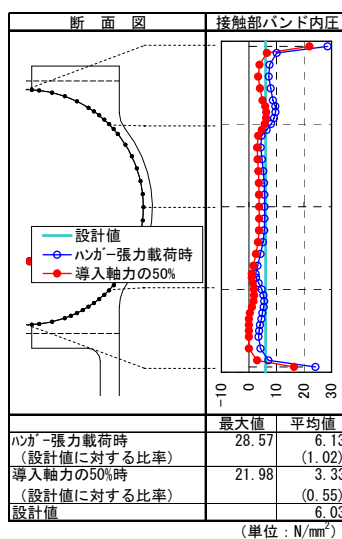
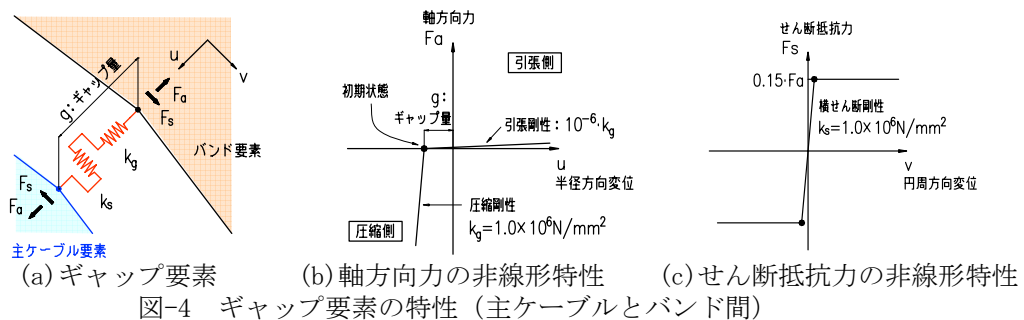


図-5 バンド内圧分布

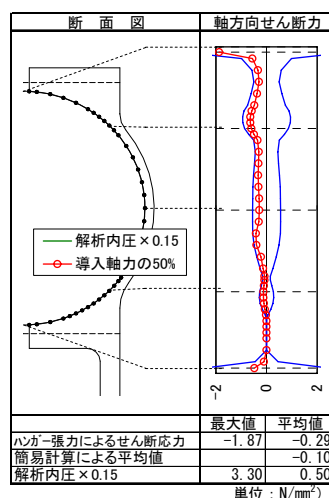
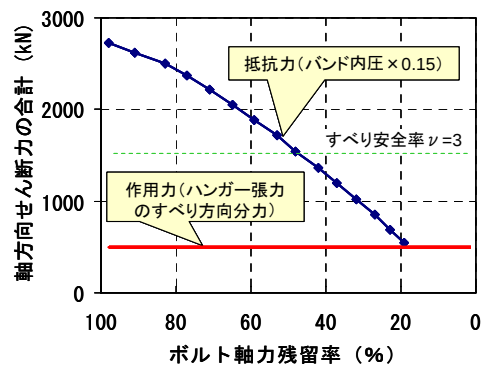


図-6 摩擦応力分布（ケーブル軸方向）



参考文献

- 1) 森山, 大谷, 薄井: ケーブルバンドすべり安全性の検討, 土木学会第60回年次学術講演会 2005年9月
- 2) 森山, 山田: ケーブルバンドすべり安全性の検討(その2), 土木学会第61回年次学術講演会 2006年9月