

本州四国連絡橋公団 正員 大橋 治一 新日本製鐵(株) 正員 ○山崎 伸介
(株) 神戸製鋼所 広沢 正雄

1. まえがき 吊橋の補剛桁に箱桁が多く採用されようとするなかで、ピン定着方式のケーブルバンドはその定着構造が簡素化できる等の利点から、本格的に検討されるようになってきた。この形式のバンドでは、ハンガーからの荷重がボルトやバンド本体に外荷重として作用することになり、特に本構造における最重要部材となるボルトは引張ボルトとなるため、その特性を把握しておくことは極めて重要である。このため、バンド実験に先立ち、締付け体となるケーブルのバネ特性の調査を行うとともに、ハンガー荷重下でのボルト・バンドの挙動を把握するために、バンド剛性やケーブルバネ定数等をパラメトリックに変化させた弾性FEM解析を行った。

2. ケーブルのバネ定数 被締付け体であるケーブルのバネ特性は、引張ボルトの挙動に大きく影響を及ぼすことが予想される。そこで必要となるバネ定数はスクイーピング(ケーブルを円形に整形する作業)を行いバンド締付けした後の値であるが、測定データは得られていない。このため、実橋のケーブルにおいてスクイーピングマシンにより加圧力とケーブル径の変化の測定を実施し、次式の関係からバネ定数を推定した。またバンド実験用のケーブル供試体についても同様の方法でバネ定数を求めた。

$$K = P \cdot D / \delta \quad K: \text{ケーブルのバネ定数(kgf/cm}^2\text{)}, P: \text{内圧(kgf/cm}^2\text{)}, \\ D: \text{ケーブル径(cm)}, \delta: \text{ケーブル径の変化量(cm)}$$

締付けレベル(空隙率)とバネ定数との関係は非線形な挙動を示すが、バンド締付け後に対応すると考えられる加圧レベルの十分高い状態では準弾性的であり、その変化量から求まるバネ定数は $57,000 \text{ kgf/cm}^2$ であった。これに対して実橋のケーブルでは $7,500 \sim 30,000 \text{ kgf/cm}^2$ であった。バネ定数に及ぼすケーブル張力の影響については明らかではないが、バネ定数としては概ね $10^3 \sim 10^4$ 程度であると推定される。

3. パラメトリック解析 締付け時のボルト・バンドの変形と応力、ハンガー荷重作用によるボルトの変形および付加軸力、バンド付加応力、ケーブルからの浮上りに着目して、バンド剛性(厚肉/薄肉)、ケーブル形状(真円/楕円)およびバネ定数を変化させた二次元弾性FEM解析(平面応力)を行った。解析ではバンドとケーブル間に接触要素を入れて、バンド締付け時のケーブルへのなじみやハンガー荷重作用時のバンドの浮上りを再現させた(図-1)。この接触要素は接触/離間により法線方向のみ力の伝達をするもので、接線方向の摩擦は考慮していない。一連の解析結果から以下のことが明らかとなった。

- ① 締付け時、ボルトはケーブル側に曲げ変形し、ハンガー荷重作用により変形量はわずかに助長される。
- ② ハンガー荷重によるボルトの付加軸力は浮上りまでは線形的に増加し、その割合はケーブルバネ定数が大きい(空隙率が低い)ほど、またバンド剛性が低いほど少ない。その付加軸力はハンガー荷重の10%~20%程度である(図-2)。
- ③ 浮上り荷重は、ケーブルバネ定数が高いほど、また締付け時の導入軸力が高い(内圧が高い)ほど低い。なお、ハンガー設計荷重レベルでは浮上りは生じていない(図-2)。
- ④ ハンガー荷重によるバンド応力の増加は下バンド薄肉部で大きく、最も厳しい応力状態となっている。付加応力はケーブルバネ定数が大きいほど小さい(図-3)。
- ⑤ バンド肉厚の影響としては、着目点B、Cでは肉厚が大きいほど付加応力は小さいが、上バンド頂部のA点では逆の傾向となっている。これは解析ではA点でケーブルとバンドが接線方向に固定され滑りが拘束されている影響がでているものと考えられる(図-3)。
- ⑥ ケーブル形状の影響は締付け時のバンド応力に顕著に表われ真円の方が楕円に比べて発生応力は小さいが、ハンガー荷重作用による付加応力の増分についてはほとんど両者の差はみられない(図-3)。

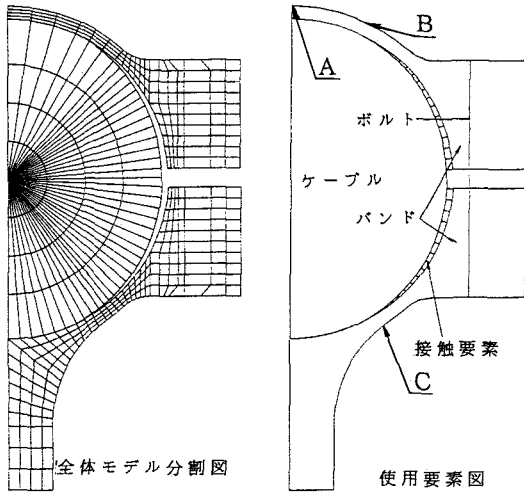


図-1 解析モデル

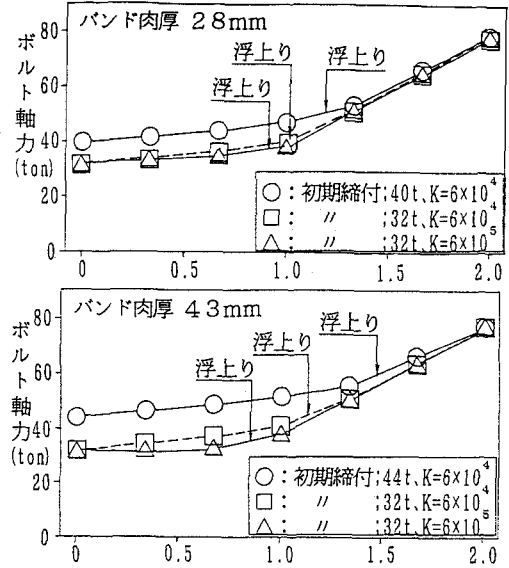


図-2 ハンガー張力とボルト軸力

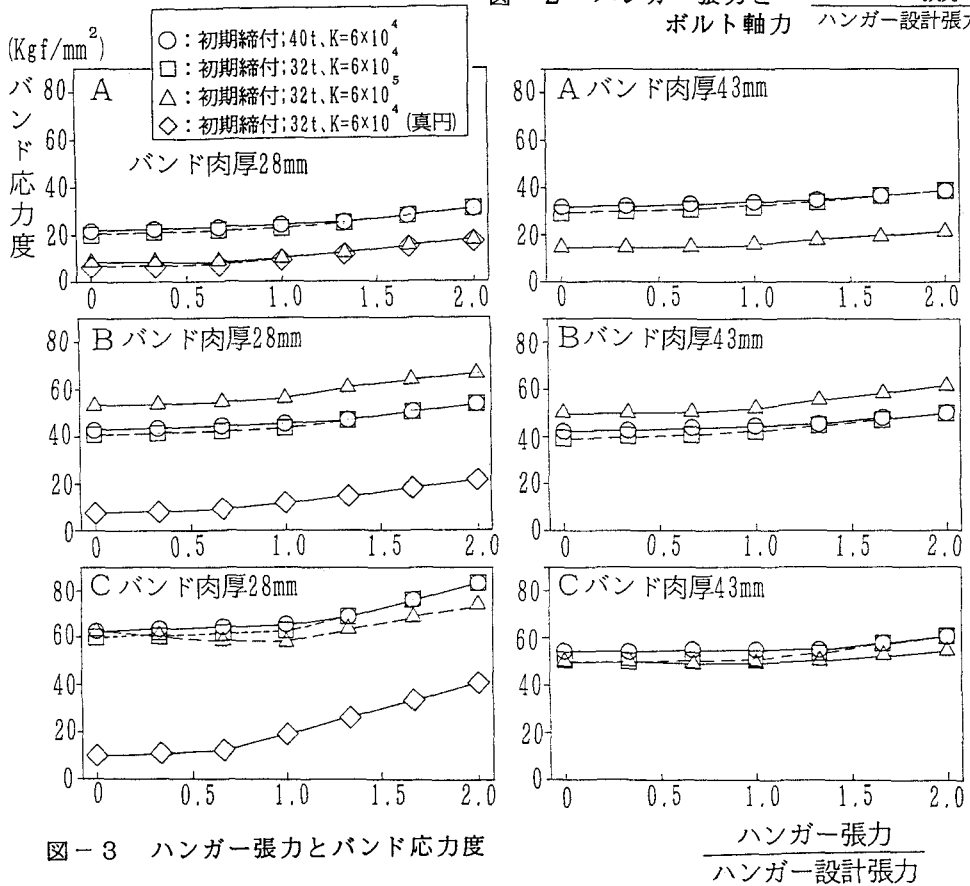


図-3 ハンガー張力とバンド応力度

- 参考文献 1. ピン定着縦締めケーブルバンドの力学特性, 土木学会第48回年次講演会概要集, 1993
2. ピン定着縦締めケーブルバンドの滑り特性, 土木学会第48回年次講演会概要集, 1993