

1. まえがき 従来の鞍掛け方式のバンドにかわるピン定着バンドは、補剛桁に箱桁を採用する場合にはその定着構造が合理化できる等、利点が多い。一方、ピン定着バンドはハンガーからの荷重がバンド本体や締付けボルトに外力として作用するため、その適用にあたっては安全性に対して十分な検討が必要となる。そこで、縦締め方式のピン定着バンドに関する実大規模の実験を行い、併せて接触を考慮した弾塑性 FEM 解析を行い実験結果の評価を行った。

2. ピン定着バンドの力学特性 ピン定着縦締めバンドではボルトは鉛直方向に配置され、ハンガー荷重の作用方向と同一方向となる。ハンガーからの荷重は、下バンドのピンプレートから主ケーブルを介して上バンドに伝達されるが、この過程で上下バンドを一体化するボルトにはハンガー荷重の一部が引張荷重として作用し、いわゆる、引張ボルトとしての挙動を示すことが予測される。また、ハンガー荷重の作用時にはバンド内圧分布が変化し、この結果、滑り耐力にも影響を及ぼすことが考えられる。このうち前者の問題を解明するために写真-1 に示すように、亜鉛めっき鋼線を集束し縦長楕円形に整形したケーブル供試体にバンドを取付けボルトに所定の軸力を導入した後、ピンプレートをセンターホールジャッキで鉛直方向に引込み、ボルト・バンドの歪み及びバンドのケーブルからの浮上がり量を計測した。鉛直荷重はハンガー設計荷重の3倍程度まで段階的に載荷した。なおバンド設計は鞍掛けバンド用に制定された設計要領に基づいた。

実験結果は以下のとおりである。図-1 はハンガー荷重とボルト付加軸力の関係を示すが、ハンガー荷重の作用によりボルトにはその10%程度の付加軸力が生じている。ハンガー荷重が全ボルト導入軸力の約90%に達した頃から下バンドとケーブル間に浮上がりを生じており、この頃からボルトにはハンガー荷重とほぼ同一の軸力が作用している。図-2 はボルト導入軸力と付加軸力との関係を示すが、導入軸力を十分高めることにより付加軸力は減少し、その増加率は全ボルト導入軸力（初期締付け力）をハンガー荷重の2倍程度以上となるように設定すれば無視し得る程度まで小さくなる。図-3 はハンガー荷重の増加によってわずかに曲げの影響がでる。ボルト台座近傍では大きな曲げ応力が発生し、ハンガー荷重を増加すると塑性ヒンジ状態となる。下バンド側では締付け時とハンガー荷重作用時では曲げの方向が変化し、応力の正負は逆転している。また下バンド薄肉部では締付け時の曲げから純引張に近い応力状態へと変化している。

これらの実験結果を評価するために二次元弾塑性 FEM 解析を行った。解析ではケーブルとバンドとの接触状況を再現するために接触要素を用いた。また、ケーブルの弾性係数としてはケーブル供試体のスクリーミング時の径と圧力の変化から求めたバネ定数 ($6.0 \times 10^4 \text{ kgf/cm}^2$) を基に、等圧を受ける厚肉円管におけるバネ定数と弾性係数の関係式から換算した。解析結果は、ボルトの付加軸力に関しては図-1 に、またバンド応力に関しては図-4 に示すように全般に実験結果と良く一致している。結果は以下のとおりである。

- ①ハンガー荷重作用によりボルトは引張ボルトとしての挙動を示す。
- ②ボルト付加軸力はハンガー荷重の10%程度である。
- ③ボルト付加軸力を軽減するためにはボルト導入軸力を高めることが有効で、全ボルト導入軸力をハンガー荷重の2倍以上に設定すれば付加軸力の増分は無視できるほど小さくなる。
- ④ハンガー荷重によるバンド応力はボルト台座付近では曲げが卓越し、終局的には塑性ヒンジ状態となる。下バンド薄肉部は引張が卓越する最も厳しい応力状態となるが、ハンガー設計荷重の3倍程度でも弾性状態にある。
- ⑤接触を考慮した弾塑性 FEM 解析は、バンド締付け時およびハンガー荷重作用時のボルト・バンドの挙動を良く説明できる。

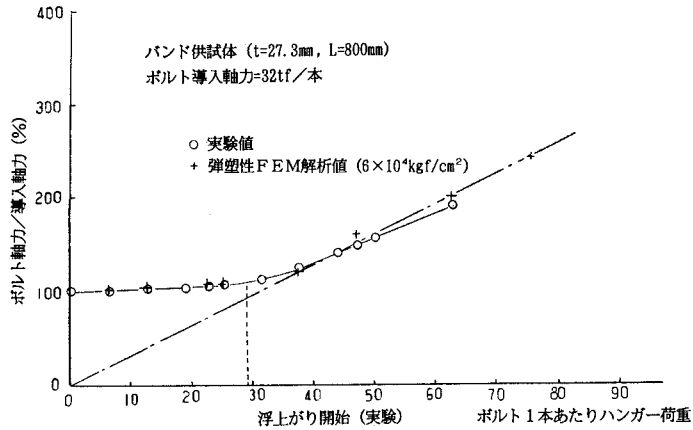


図-1 ハンガー荷重とボルト付加軸力

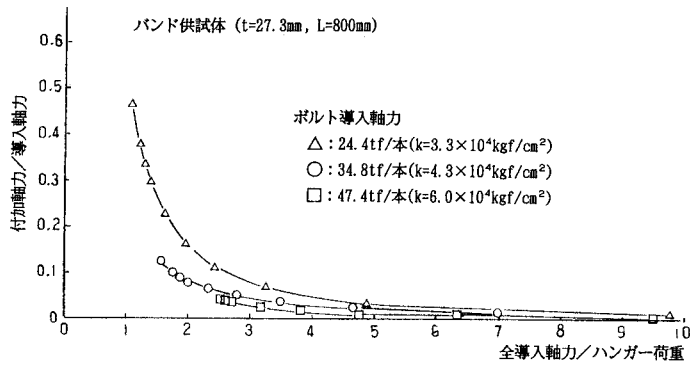


図-2 ボルト導入軸力と付加軸力

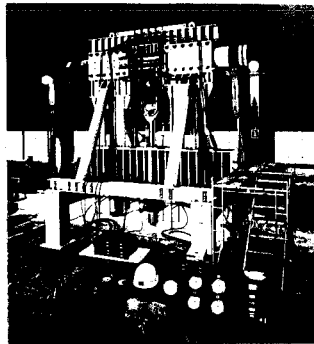


写真-1 試験状況

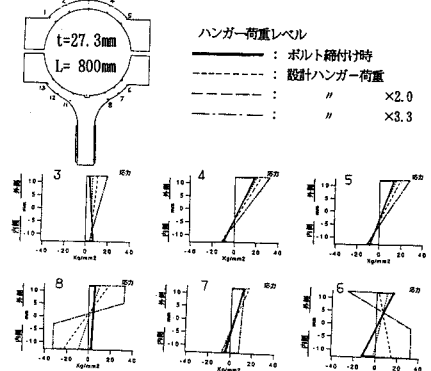


図-3 バンド応力の実測値

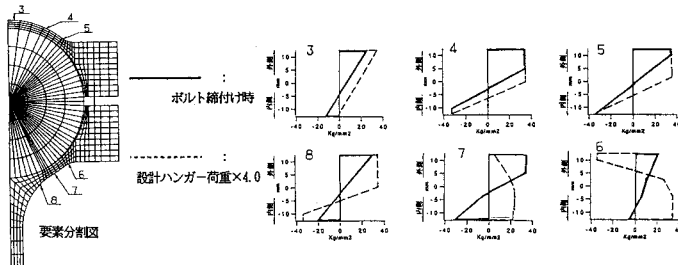


図-4 バンド応力の解析値