

I - 435

ピン定着縦締めケーブルバンドの滑り特性

総合技術コンサルタント 正員 ○山本 克之
本州四国連絡橋公団 正員 大橋 治一

1. まえがき ケーブルバンドは、補剛桁からの力をハンガーに介してケーブルに伝達する構造であるが、ハンガー荷重による滑りに抵抗するためにボルトに所定の軸力を導入しバンド内圧を高めている。ピン定着方式のバンドでは、締付け後にハンガー荷重作用があるため、締付け時の内圧が変化し、これに伴い滑りに対する特性にも影響があらわれることが予測される。このため、実大規模のケーブル・バンド供試体を用いて、ハンガー荷重作用下の滑り荷重を実験上から検討した。

2. 滑り実験 実験架台に被締付け体と供試体バンドをセットし、バンドボルトを所定の力で締め付けた状態に対してハンガー荷重に相当する鉛直力を載荷し、さらに水平方向反力架台を介してジャッキにより水平力を導入して強制的にすべらせる実験を行った（図-1）。被締付け体としては、張力を導入しないことからハンガー荷重による曲げ変形に伴う見かけの滑り抵抗の上昇が予想され、これを排除するため厚肉鋼管の外周に主ケーブルと同様の亜鉛メッキ鋼線を密に配置したものを用いた（図-2）。

ハンガー荷重は設計値の2倍程度まで段階的に載荷し、ボルト軸力の総和、滑り荷重をそれぞれ計測した。滑り荷重については水平力と供試体バンドの水平変位の記録（図-3）より、矢印の特性点を初期滑り点と判定した。また板バネ状のセンサーをバンド内に設置し、ハンガー荷重により下バンドが被締付け体から浮上る状態（浮上り）を検出した。

得られた滑り荷重 F とボルト軸力の総和 N の回帰直線の傾きより摩擦係数 μ を算定した。この時、設計要領¹⁾にならい①周方向の摩擦によりバンド内圧は指数関数的に分布している②周方向の摩擦係数とバンド軸方向の摩擦係数が等しいと仮定すると、滑り抵抗力は全ボルト締付け力と摩擦係数を用いて次式で表される。

$$F = \mu m N \quad , \quad m = 2 / \mu \times \{1 - \text{EXP}(-\mu \cdot \pi / 2)\} \quad (1)$$

ここに、 m はバンド円周方向の内圧分布に関する係数で、周方向の摩擦が無い場合は円周率 π に等しい。鞍掛バンドの設計では、 $\mu = 0.15$ とし $m = 2.8$ を用いている。¹⁾

初期ボルト締め付け時の滑り抵抗 3種類の初期ボルト締付け力に対し得られた滑り荷重を（図-4）に示す。短い供試体A、Bに対する図示の回帰直線①の傾きより $\mu = 0.28$ 、長い供試体C、Dに対する回帰直線②より $\mu = 0.32$ をそれぞれ得た。長いバンドの摩擦係数が若干大きい。AとBあるいはCとDはバンドの肉厚がそれぞれ28mmと43mmと異なるものであるが、滑り抵抗に有意差はない。

ハンガー荷重作用時の滑り抵抗 ハンガー荷重作用下ではボルト軸力が増加するためボルト軸力合計がバンドを締付ける力を代表するものとして適当でない可能性があるが、数段階のハンガー荷重作用時に対し初期締付け時と同じ整理をし（図-5）、短バンドと長バンドの別に回帰直線③より摩擦係数を求めればそれぞれ0.18と0.29を得る。この摩擦係数はボルト締付け時より減少するが鞍掛けバンドの設計要領に定める0.15を下回らない。

次に、長い供試体CとDについてハンガー荷重とハンガー荷重と滑り荷重との関係を初期ボルト締付け力別に示す（図-6）。初期ボルト締付けレベルは、□：ボルト初期締付け設計値(0.75 σ_y)、○：経時的な軸力抜けを考慮した摩擦設計値(0.7×0.75 σ_y =0.53 σ_y)、および△：対比用の低い応力値、をそれぞれ表し、プロット位置の数値は個々の F と N （締付け初期値）を用いて式（1）より算出した摩擦係数である。ハンガー荷重の増加に伴い滑り抵抗力は浮上り時まで低下する傾向を示すが、初期締付け力を確保すれば□と○の推移のとおり大きく劣化しない。

実橋のピン定着バンドではハンガー荷重によるボルトの付加軸力を十分小さく抑えるため、ボルト軸力の合計を設計ハンガー荷重の2倍以上に設定する³⁾ので、（図-6）の横軸上0.5以下（斜線部）での使用

となる。この領域では、摩擦抵抗力はハンガー荷重無負荷の状態とほとんど変わらず、よって鞍掛けバンドを想定した現行要領により設計しても安全性は保証される。

3. まとめ ①全ボルト締付け力と滑り抵抗力とは比例し、この比例定数より求められる摩擦係数はハンガー荷重無付加時では0.28~0.32である。

②ハンガー荷重下の滑り抵抗力は浮上り荷重以下では、ハンガー荷重無負荷時に対してわずかに低下するが、現設計要領に定める0.15は確保される。よって現行要領にしたがい設計することが可能である。

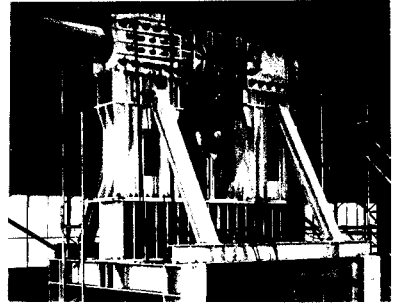


図-1 実験状況

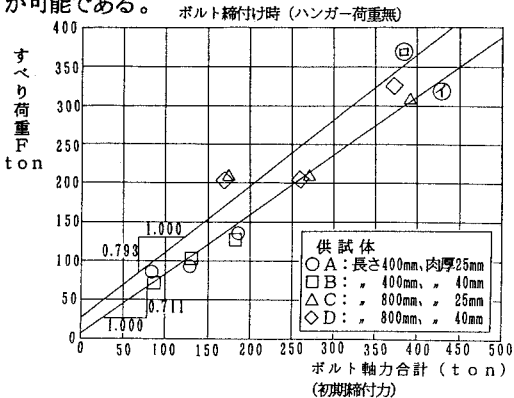


図-4 ボルト軸力と滑り荷重(ボルト締付け時)

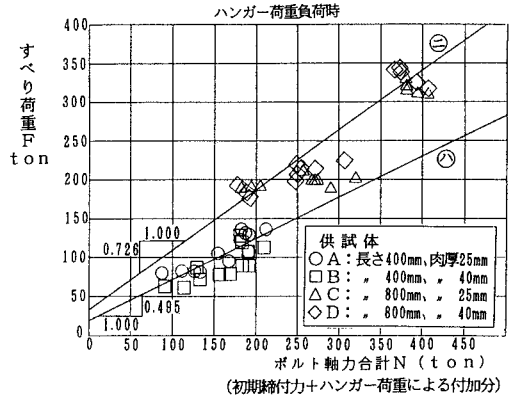


図-5 ボルト軸力と滑り荷重(ハンガー荷重時)

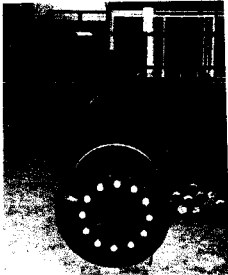


図-2 被締付け体

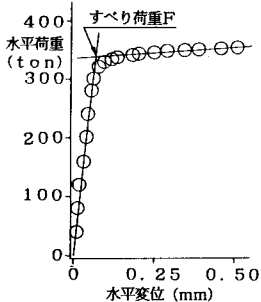


図-3 滑り荷重の判定

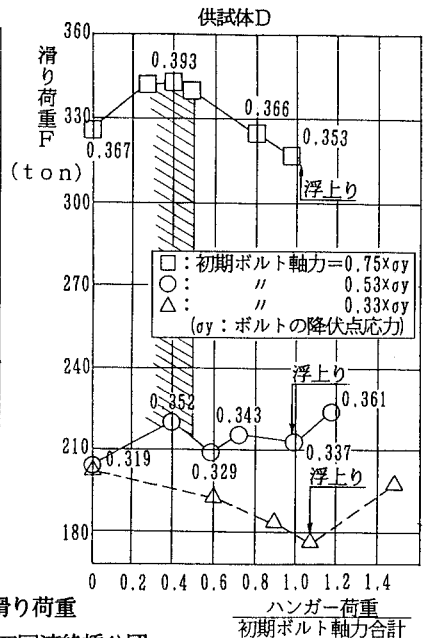
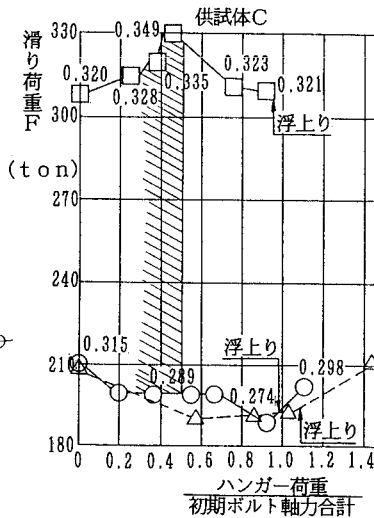


図-6 ハンガー荷重と滑り荷重

参考文献: 1) ケーブルバンド設計要領, 昭和53年3月、本州四国連絡橋公団

2) ピン定着縦締めケーブルバンドに関するパラメトリック解析, 土木学会第48回年次学術講演会概要集, 1993

3) 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回年次学術講演会概要集, 1993