

索輪荷重の動的測定方法の検討

- 索輪による測定方法と輪軸による測定方法の比較 -

交通システム研究領域

細川 成之

佐藤 久雄

千島美智男

1. はじめに

索道において支柱上でロープを支持している索輪は、搬器の通過等により変動するロープ荷重を支持している。そして、風等による搬器の動揺に伴う荷重変動が限界を超えた場合には、ロープが索輪から外れる脱索等の重大な事故につながる可能性がある。特に、搬器の運行を、循環する一本のロープのみによって行う単線循環式索道においては、索輪荷重の過大な変動は安全な運行を阻害する重大な要因となる。そこで、索道施設では脱索防止輪を設置するなどの種々の対策が講じられている。しかしながら、安全上重要となる索輪の荷重変動を実使用状態で動的に測定した例はほとんど無いのが現状である。

これまで筆者らは、索輪本体に生じるひずみを用いた荷重測定方法について検討を行ってきた^{1),2),3),4)}が、今回は、ロープ速度が荷重測定値に与える影響を、輪軸で測定した荷重値と比較することにより検討を行ったのでその結果について報告する。

2. 索輪荷重の測定方法

2.1. 索輪による測定方法と輪軸による測定方法

既存の施設において索輪に負荷される荷重を測定する場合には、索輪及び受索装置に大きな改造を要しない方法が望ましい。既存の施設で比較的容易に測定できる方法としては、受索装置の構成要素である索輪本体や輪軸等の“ひずみ”を用いて荷重を測定する方法が考えられる。

索輪等の回転体に負荷される荷重を測定する方法としては、鉄道車両の脱線係数の測定にも用いられている方法がある。これは車輪表面に貼付たひずみゲージにより垂直方向荷重（輪重）及び水平方向荷重（横圧）を測定するものである。この測定方法は、測定空間の少ない索輪及び受索装置上での荷重測定には適

した方式であると考えられる。しかし、鉄道用の車輪と索道用の索輪とでは、形状や構造、そして負荷される荷重の大きさ等の使用条件が異なるため、十分な検討が必要である。

一方、輪軸のひずみにより荷重を測定する方法は、垂直方向荷重を連続的に測定できるが、索輪と索輪の支持部との空間上の制約などから実際の施設で用いる場合は測定するひずみの種類やひずみゲージの貼付方法等に十分な検討を要すると考えられる。

2.2. 荷重測定用索輪及び輪軸

荷重測定用索輪は、直径が約400mmのアルミ合金製でロープとの接触部には硬質ゴムが挿入されており、垂直方向荷重を圧縮ひずみで測定する。図1に荷重測定用索輪とひずみゲージのブリッジ結線図を示す。

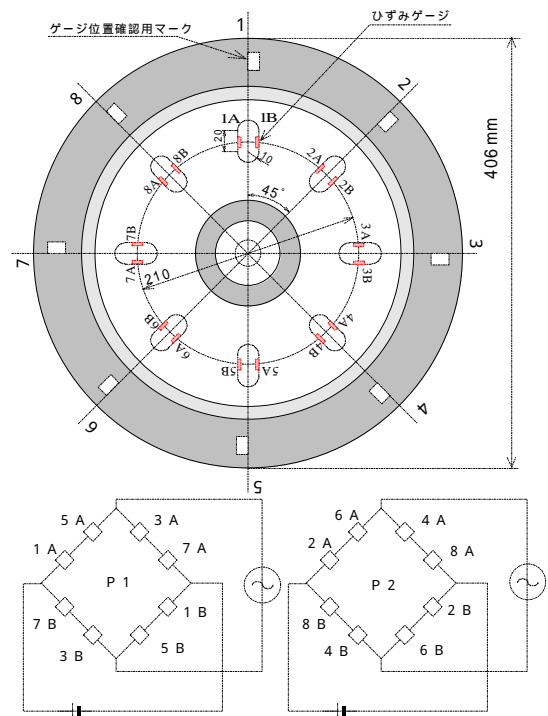


図1 荷重測定用索輪

索輪表面にはひずみゲージを貼付するために8カ所の穴を設けている。1カ所につき2枚のひずみゲージを貼付し垂直方向荷重に対しては2倍の出力を、水平方向荷重についてはキャンセルするようにブリッジを組んだ。各ひずみゲージは、図に示すように1, 3, 5, 7の位置のひずみゲージと2, 4, 6, 8の位置のひずみゲージをそれぞれセットにして結線した。

図2に荷重測定用索輪に一定の荷重を荷し動的に測定した場合の測定波形例を示す。各ひずみゲージの測定感度は、ひずみゲージの直上位置で最も高くなるため、今回はひずみゲージ直上位置での荷重測定値のみを用いることとした。図3に荷重測定用索輪を用いた実験状況を示す。

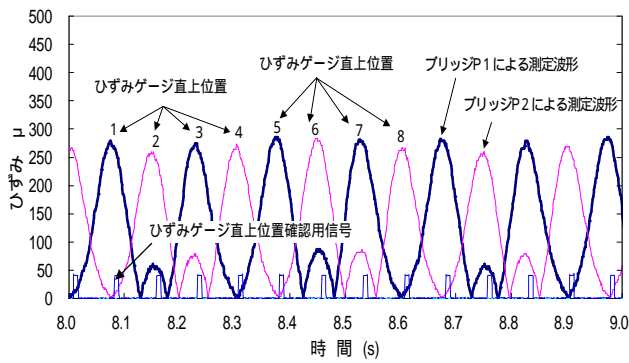


図2 荷重測定用索輪の測定波形例



図3 荷重測定用索輪を用いた実験状況

輪軸による荷重測定は、索輪を介して負荷される垂直方向荷重を輪軸の曲げひずみで測定するためのゲージを輪軸に貼付して行った。なお、実際の索道施設では索輪と輪軸の支持部との間隔は非常に狭いが、今回は輪軸の曲げひずみ量を大きくとるために、約35mmの間隔をもうけている。図4に荷重測定用の輪軸とひずみゲージのブリッジ結線図を示す。

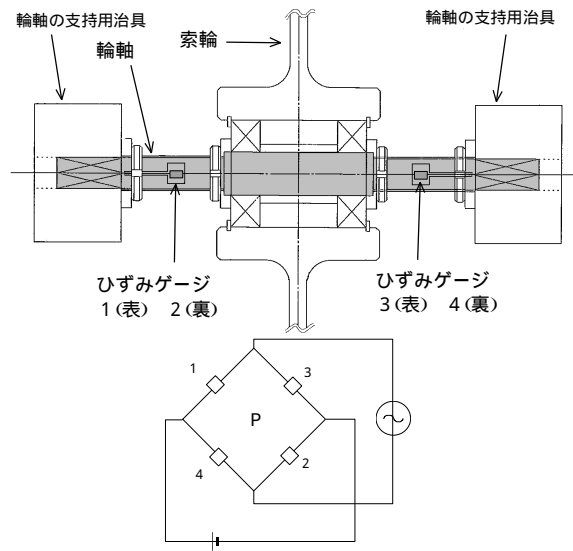


図4 荷重測定用輪軸

索輪及び輪軸の周波数応答特性については、インパルスハンマーの打撃力を入力として測定した結果、最低共振周波数は索輪が110Hz、輪軸が200Hz程度であった。

2.3. 実験施設及び実験条件

荷重測定実験は、当所のロープ曲げ疲労試験装置及び脱索試験装置を用いて行った。装置の概要を図5に示す。索輪の垂直方向荷重は、脱索試験装置の油圧シリンダーにより索輪を支持台ごとロープに押しつけることによって負し輪軸の支持部に設置されたロードセルによって測定した。また、索輪に貼付したひずみゲージの出力はテレメータを用いて受信機まで非接触で伝送し、輪軸で測定した荷重データとともに記録装置に収録した。

実験条件は、索輪に負荷する垂直方向荷重を1000Nとし、ロープの運転速度は0.01m/s、0.5m/s、2.0m/sとした。また、測定荷重の較正はロープ速度が0.01m/sの時の輪軸の値を用いて行った。また、測定時間は本実験装置においてロープがほぼ1周する時間とした。

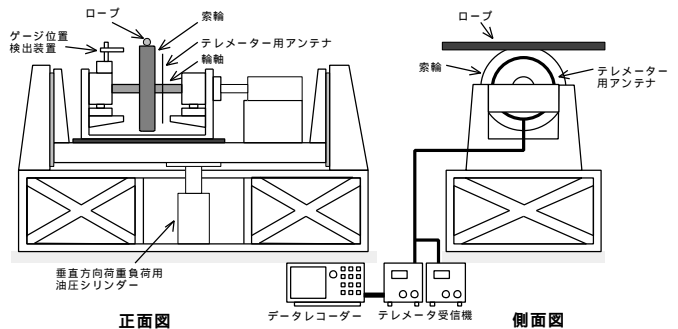


図5 実験装置

なお、索輪上の8カ所に配したひずみゲージによるサンプリング周期はロープ速度が0.01m/sで0.28Hz、0.5m/sの場合で1.38Hz、2.0m/sの場合で5.25Hzであり、索輪の最低共振周波数である110Hzより低い値であった。

3. 実験結果と考察

3.1. 実験結果

まず、ロープ速度が0.01m/sの極低速時における測定結果を図5に、また、輪軸における測定荷重に対する索輪による測定荷重の差を測定誤差として図7に示す。ロープ速度が極低速時には索輪による測定値は、輪軸による測定値に対してほぼ±5%程度以内で測定することができた。ただし、ロープの接続位置であるスプライス部などロープ形状が変化する部分においては若干誤差が大きくなり±10%程度の測定誤差が生じる結果となった。また、測定誤差の中央値は-0.2%であった。

次に、ロープ速度を0.5m/sとした場合の測定結果を図8に示す。また、輪軸による測定荷重に対する索輪による測定荷重の差を測定誤差として図9に示す。索輪のひずみによる測定値は、ロープ速度が0.01m/sの場合と同様に輪軸による測定値に対してほぼ±5%程度以内で測定することができたが、ロープ形状が比較的大きく変化する部分においては多少誤差が大きくなり±10%程度の測定誤差が生じる結果となった。また、誤差の中央値は-1.1%であった。

ロープ速度を2.0m/sとした場合の測定結果を図10に示す。また、輪軸による測定荷重に対する索輪による測定荷重の差を測定誤差として図11に示す。索輪のひずみによる測定値は、輪軸による測定値に対して最大で約-20%であり、ロープ速度が0.01m/sや0.5m/sの場合に比べて全体的に大きな誤差が生じる結果となった。また、誤差の中央値は-6.8%であった。

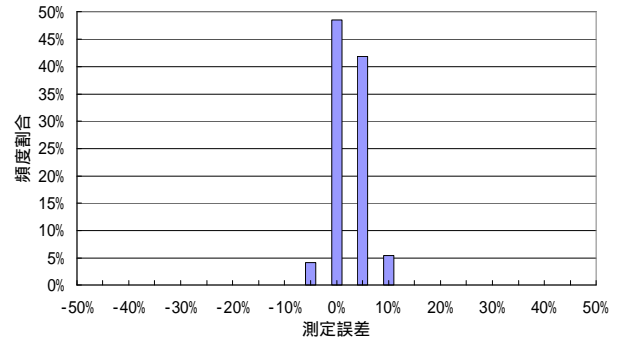


図7 測定誤差 (垂直荷重:1000N,ロープ速度:0.01m/s)

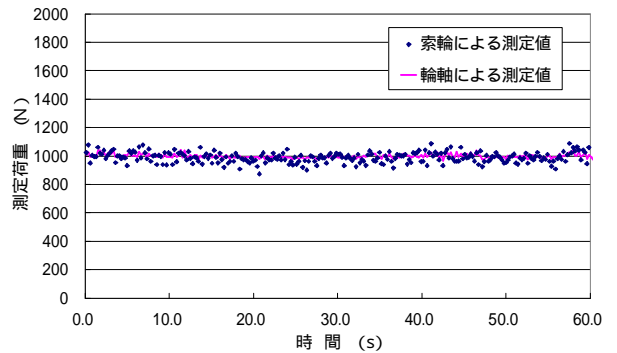


図8 荷重測定結果 (垂直荷重:1000N,ロープ速度:0.5m/s)

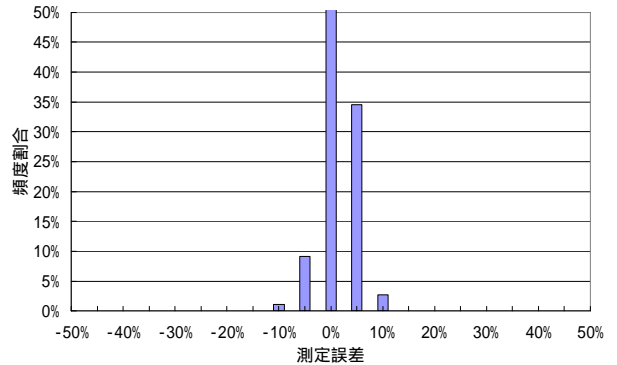


図9 測定誤差 (垂直荷重:1000N,ロープ速度:0.5m/s)

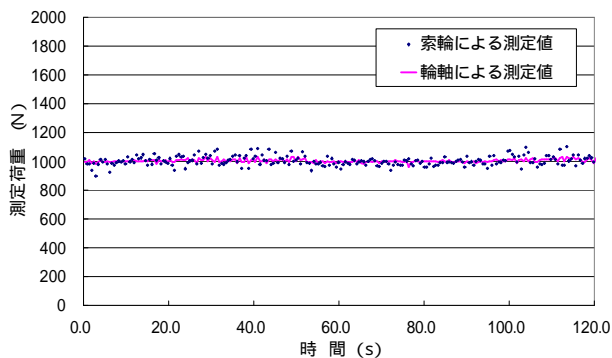


図6 荷重測定結果 (垂直荷重:1000N,ロープ速度:0.01m/s)

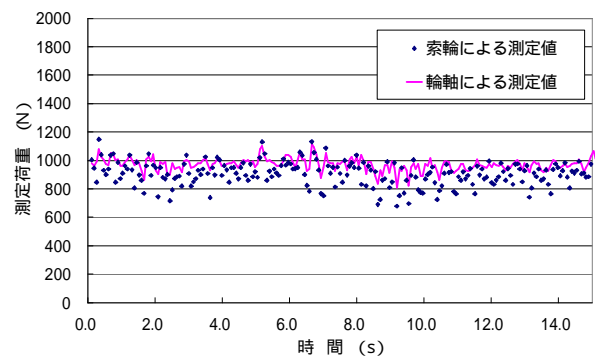


図10 荷重測定結果 (垂直荷重:1000N,ロープ速度:2.0m/s)

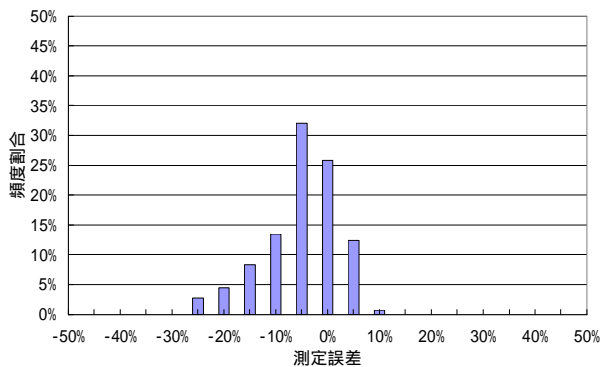


図 1 1 測定誤差 (垂直荷重:1000N, ロープ速度:2.0m/s)

3.2. 考察

今回の実験において索輪のひずみを用いた測定方法では、ロープ速度が 0.01m/s と 0.5m/s といった低速の場合では輪軸での測定値に対して ±10% 程度の精度で測定することができたが、ロープ速度が 2.0m/s の場合では、最大で -20% 以上の誤差が生じる結果となった。なお、ロープ速度が 2.0m/s の場合では輪軸で測定した荷重も大きな変動を示しているが、これは今回使用したロープが長期間の疲労試験を経たものであるためロープの接続部であるスプライス位置付近などで比較的大きな形状変化が生じており、これがロープと索輪との接触による振動を増長させているためであると考えられる。

索輪上での測定値が輪軸による測定値よりも変動する値をとることについては、索輪とロープとの接触状態が図 1 2 に示すように一様でなく、また、ロープの走行によっても変化するために、ロープの接触状態による荷重分布の変化の影響を輪軸部よりも受けやすいためであると考えられる。しかも、今回用いた測定方法ではひずみゲージ直上位置の測定感度は高いが荷重の負荷位置が直上からはずれると測定感度が大きく低下する特性を持っている。したがって、索輪のひずみを用いてロープ荷重を測定する場合には、一定範囲の荷重分布を連続的に測定できるように、あらかじめ測定感度に関する補正係数を索輪の全周にわたって求めておく必要があると考えられる。

また、ロープ速度が 2.0m/s の場合において、索輪上での測定値が輪軸の測定値に比べて全体的に低い値をとったことについては、ロープと索輪間の接線力等により索輪荷重の負荷位置が索輪直上に対して前後方向に変化したために、測定感度の低い位置の荷重を測定したためであると推測される。

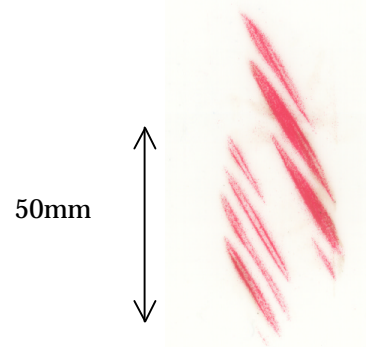


図 1 2 ロープと索輪との接触状態
(プレッシャスケールによる測定)

4. おわりに

索輪に作用する垂直方向荷重の動的な測定方法について室内実験を行った。

その結果、ロープ速度が比較的低速な場合には索輪による測定値は輪軸による測定値に対して ±10% 程度の精度で荷重変動を測定することができたが、ロープ速度が高くなると測定誤差が大きくなる傾向を示した。

今後は、今回の実験によって得られた結果について詳細な分析を行うとともに、実際の施設に適した輪軸による測定方法についても検討していきたいと考えている。

5. 参考文献

- (1) 細川, 佐藤, 千島, 交通安全公害研究所研究発表会講演概要, 1997-11, P29
- (2) 細川, 佐藤, 千島, 資源・素材'99 資料 A B, 1999-11, P252
- (3) 細川, 佐藤, 千島, 交通安全公害研究所研究発表会講演概要, 2001-11, P5
- (4) 細川, 佐藤, 千島, 交通安全環境研究所研究発表会講演概要, 2002-11, P29