

小型ケーブルにおける張力センサーの開発に関する基礎的実験

八戸工業大学大学院 学生会員 ○深澤直道、鈴木拓也

正会員 長谷川明

1. はじめに

従来の吊橋や斜張橋の単一形式のケーブル橋梁での限界や課題を改善するために、異種橋梁を組み合わせた新しいタイプの橋、斜張併用吊橋が注目されている。長支間に適している吊橋、耐風安定性に優れている斜張橋、それぞれの利点を活かした構造である。斜張橋部の荷重は、斜めケーブルによって主塔に支持されるため、主ケーブルへの荷重は、吊り橋部のみの荷重を負担することとなっており、実質的に吊橋部の支間長を縮小できるメリットがある。しかし、接合部の挙動解明、変位の縮小などの課題があるため、これまで数値解析で検討してきた結果を実験的に検証するために、1/1000 模型を製作し、載荷実験によって発生するケーブル張力を測定する計画している。本文は、その実験で使用するための小型ケーブルの張力測定方法に関する検討結果について報告するものである。

2. 模型橋と張力センサーの検討

張力センサーを取り付ける対象模型は、図 1 に示す全長 12m、支間長 4 m の模型橋である。ケーブルの直径は、メインケーブルで 0.5mm、ハンガーおよび斜張ケーブルの直径は 0.3mm で、ケーブルに振動計や加速度計を取り付けて振動数から計測する従来の方法は困難である。ケーブルの変動張力は、解析結果から、①各ケーブルの初期張力は非常に小さく、②最大張力はメインケーブルでの 9.59N であることを得ている。

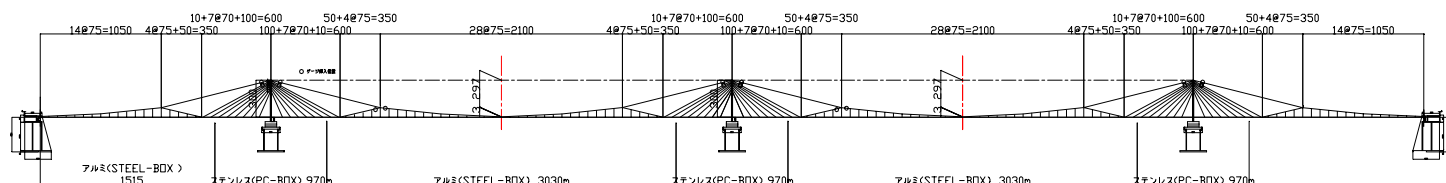


図 1 模型橋一般図

3. 要求されるセンサーの機能

要求されるセンサーの機能として次の事項を考慮した。

- (1) ひずみ計測型センサー：既存の計測システムを有効活用するために、ひずみ型計測センサーとした。
- (2) 後付け型センサー：センサーは、ケーブル設置後の取り付けが可能とする「後付け型センサー」とする。センサーの取り付け手順を次のように考えた。①ケーブルを設置、②ケーブルを挟み込むようにセンサーを取り付け、両端部をケーブルに固定。③センサー中央部のケーブルを切断し、張力をセンサーに負担させる手順とした。
- (3) 適度な計測ひずみ：発生張力 10N 程度に対して計測ひずみが適度な値として計測されるようにした。
- (4) 少ない張力への影響と経済性：センサー取付けによるケーブルへの影響を極力小さくするために小型で、かつ経済的なひずみゲージを使用することとした。

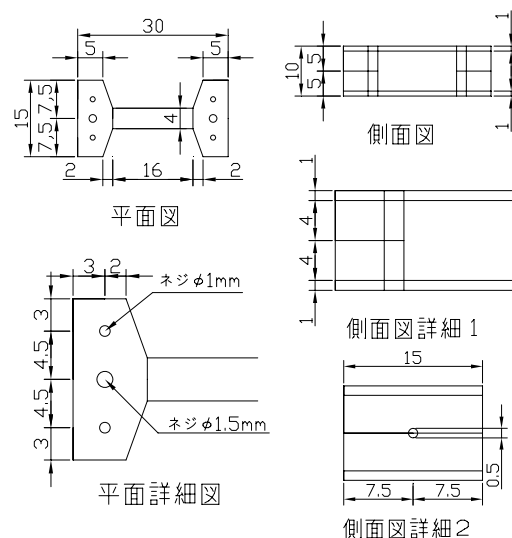


図 2 センサー詳細図

4. 開発されたセンサーの概要

センサーの詳細を図2に示す。センサーは、ひずみゲージを取り付けた上部と下部の2部品、および取り付けねじで構成されている。上部、下部は、両端の定着部とひずみゲージ取り付け部からなっている。定着部は、中央にケーブルを定着させる直径0.5mmの溝が掘られており、3本のねじによってケーブルに定着される。ひずみゲージ貼り付け部は、厚さ1mm、幅4mm、断面積4mm²で、上部下部の間のケーブルを、定着後切断できる空間を確保している。材料としては、軽量、加工性、部品数削減を考慮し、定着部およびひずみゲージ取り付け部にアクリル板を使用することとした。

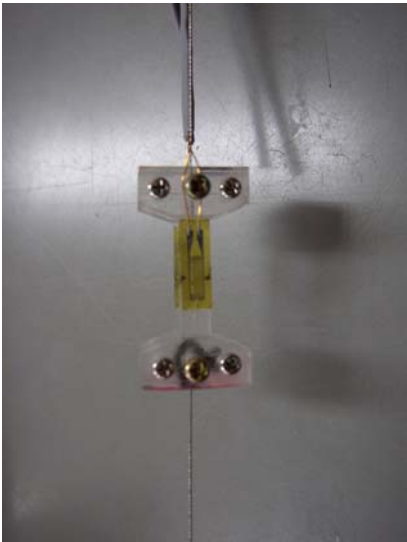


写真1 開発したセンサー

5. センサー検証試験

5.1 弾性係数

アクリルの引張試験を行い、センサーの計測対象となる応力を考慮して、0 から3 N/mm²までの応力ひずみ曲線の近似直線から弾性係数を求めた。アクリルの切り出し位置および切り出し方向の異なる15試験体の平均弾性係数は3.69kN/mm²であった。

5.2 検証試験結果

センサーの検証試験装置を写真1に示す。メインケーブルで使用される直径0.5mmの鋼より線をはさみ、定着部のねじで固定した後、ケーブルを切断し試験を行った。図3は、センサーの張力(荷重)と発生したひずみの一例を示している。図中、T-1、T-2は、2枚のひずみゲージのひずみである。センサーの揺れや载荷の偏心によって、曲げが発生しており、曲げひずみ成分を除去するためにT-1とT-2の平均値をとることとし、これを図中に挿入した。荷重とひずみがおおよそ線形の関係にあることが示されている。3個のセンサーについて同様な試験を行った結果、若干のばらつきと直線性のゆがみが見られた。3個のセンサーのひずみから、平均ひずみ、断面積、および弾性係数を使って計測張力を計算したのが表1である。メインケーブルの想定される張力が約10Nであることから、この付近の载荷時の張力を計算によって求めている。これによると、载荷荷重F1に対して、4%から25%の差異が発生している。

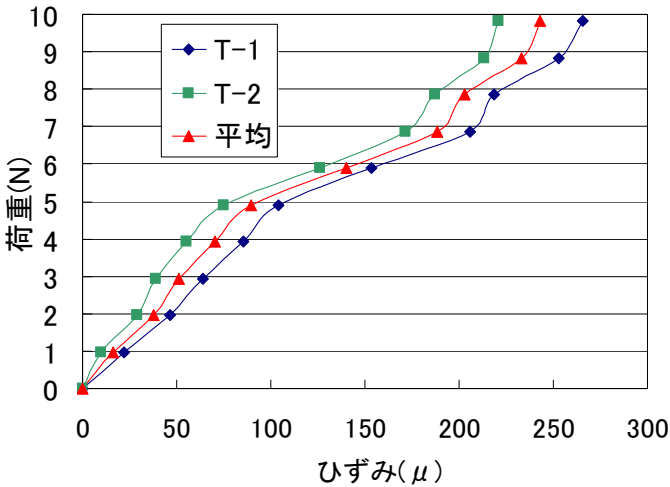


図3 センサーのひずみと荷重

6. まとめ

本文は、小型ケーブルを使用した模型橋の張力測定センサーの開発に関わる基礎的実験について報告したものである。アクリル材を使用したひずみゲージ型センサーのサンプルを作成できた。計測値には、若干の誤差があることから、引き続き実験を継続し、安定した計測値を測定できるセンサーの開発を行う必要があると考えている。

表1 载荷荷重と計測張力

センサー	荷重 F1 (N)	ひずみ (μ)	断面積 (mm ²)	弾性係数* (N/mm ²)	計測張力 F2 (N)	F2/F1 (%)
A-1	9.81	315.57	8.10	3690	9.44	96.2
A-2	9.81	243.40	8.22	3690	7.39	75.3
A-3	9.81	243.16	8.40	3690	7.54	76.8