

I - 582

ケーブルトラス橋の載荷試験

日本国土開発（株）○正員 生山 法裕 生木 泰秀

1. まえがき

ゴルフ場内に施工した、ケーブルのみをトラス状に組んだ歩道橋の載荷実験について報告する。本橋梁は主部材を全てストランドケーブルとし、床版と高欄にのみ木材を用いた支間長37mの小橋梁である。図-1に一般図を示す。この形式の橋梁の特長としては、材料費、施工費が廉価であること、施工日数が短いこと、景観上野趣に富んだ様々な形状が選択できることが挙げられ、今後の歩道橋の一形式として発展が期待される。

ケーブル構造は張力を導入して初めて構造系として形状が決定されるが、外力が作用したとき、与えられた形状ではつりあうことができずに形状を変えてしまう不安定構造である。このため設計にあたっては、大変形微小ひずみを考慮できるトラス部材を用いたFEMを用いてケーブル条長の決定をおこなった。

このタイプの橋梁については施工例や、解析の報告が少ないことから、挙動の評価方法が確立されるには至っていない。今回、実橋での静的・動的実験および前述した手法によるFEM解析を行い、比較・検討したので報告する。

2. 実橋における試験

張力の変化を見るため、主索、耐風索、耐風支索にひずみゲージによる張力計を取り付けた。また変位形状を把握するため静的変位計を橋梁中央部、下流側に1個、動的変位計を橋梁の1/4点、中央点、3/4点の上流、下流側に各1個、合計6個設置した。さらに、加速度計を中央と1/4点に合計2個設置した。

2-1. 静的挙動

図-2に静的載荷試験を行った結果を示す。集中荷重として2人の人間を載荷した場合と16人の人間を分布荷重として載荷した場合の2パターンを行った。パラメーターとして耐風索に導入する張力を変化させ実験、解析を行った。実験結果とFEMによる解析結果を比較してあるが両者はよく一致しており、また、耐風索に張力を導入するほど、同一載荷重によるサグ（垂下量）の変化は小さくなることがわかる。したがってこのようなケーブル構造では張力の導入が全体系の剛性の改善に大きく寄与することが確認された。また部材の張力もかなりの精度でシミュレートできることが分かった。

2-2. 動的挙動

動的挙動を把握するために、衝撃載荷試験と往復歩行試験を行った。衝撃試験は主として固有振動数および振動モード形状を捉えるために橋梁中央点とグリーン側1/4点で砂袋落下によるものとした。また歩行試験は、振動速度によるものなどが提案されているが、今回はdBに換算することによって歩きやすさの目安を得ることを目的とした。今回計測した結果、起振位置の違いにより、異なったモードの振動が発生することがわかった。完全な再現性は構造上の問題と、起振方法の問題のためにうまく現れなかったが、1/4点で起振した時には、2次（逆対称1次）のモードが発生し周波数は2Hzに近かった（平均値2.42Hz）。これに対して中央点で起振すると、4～5Hzの3次のモードが発生する。計測されたモードの形状、周波数を図-3に、またFEMで動的解析を行った結果を図-4に示す。FEMでは横揺れのモードなどがいくつか出てくるのでそれらは省き、上下に2本の主索が同じように振動するモードのみを取り出した。周波数は2次（逆対称1次）ではFEMの方が若干高い周波数が算定され（2.733Hz）、3次は低めの値（3.389Hz）となるが、モード形状はよい一致を見ている。更に高精度の解析を行うためには、質量密度の分布等を正確に把握することなどが重要になる。実橋のケーブルトラスの組み方は橋梁中央部の変位を拘束しているため同点の振動を小さくする効果があるが、このことが同時に、逆対称1次モードを卓越させる原因にもなっていると考えられる。1/4点が歩調に近い振動モードの腹になるため変位、振動加速度が大きく表れ、歩行者に不快感を与える要因となりやすい。耐風索張力と形状を変えながら固有値の変化を調べたが、その結果、張力の変化自体よりも、張力によって変化する主索のサグの影響が支配的となることが明らかになった。一般にサグが小さいほど固有振動数は大きくなり、耐風索および耐風支索の形状の影響は小さ

いことがわかった。また実橋の1/12モデルの模型実験も別途行っているがこれにより図-5に示す中央と1/4点を拘束するタイプが動的・静的いずれの特性においても優れていることが確かめられた。

3. まとめ

ケーブル構造においてはプリテンション導入により静的剛性を高めることが直接、動的な使用性の向上には結びつかないので、グラウンドアンカー打設費等、経済性を考えると、設計荷重とサグ比が決まればその制約下で張力が失われない程度の最小プリテンションを耐風索および耐風支索に導入しておけばよいと考えられる。また主索の張力とサグ形状が使用性に大きく影響することが今回の実験で明らかとなった。今後は歩道橋の勾配や供用上の問題（固有値が2Hz付近となるのを避けること）、静的剛性などを総合した人道橋としての最適形状を決定する手法を探ることが課題となろう。

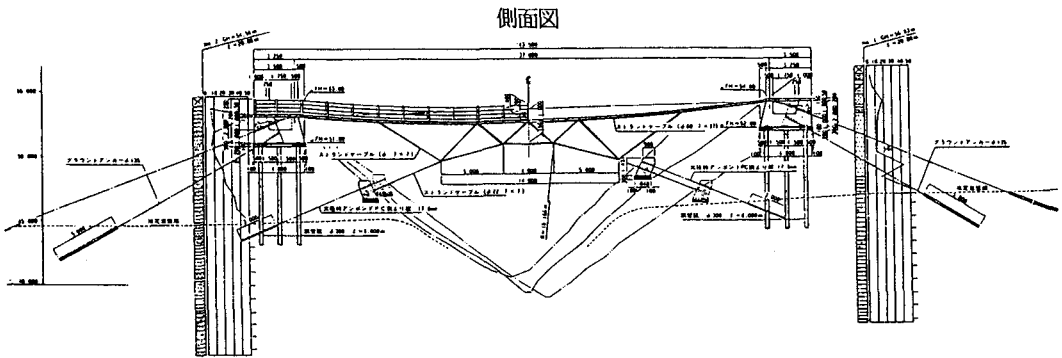


図-1 一般図

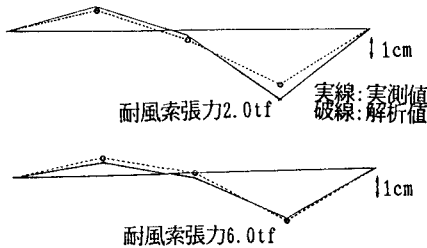


図-2 半スパン16人載荷時の主索の静的挙動

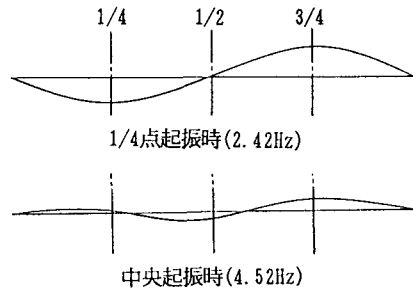


図-3 起振から0.5秒後のモード形状

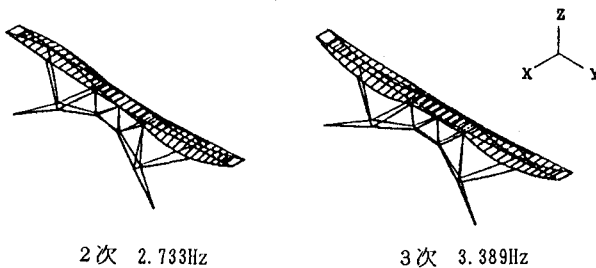


図-4 FEMによる固有値解析結果

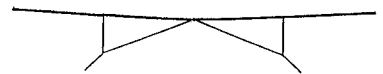


図-5 中央と1/4点を拘束するモデル