

無補剛小規模吊橋のケーブル張力と歩きやすさの解析的検討例

福岡大学工学部 正会員 下妻 達也 ○渡辺 浩 大隣 昭作
日本工営株式会社 非会員 イ スンジュ

1. 目的

小規模吊橋は、地形が険しい山間部に多く架けられており、地域交通に大きな役割を果たしている。このうち写真-1 のような無補剛吊橋は極めて軽快な構造であり、安価に長支間の橋が架けられることは極めて大きなメリットである。その反面大きな荷重には向いておらず利用時の揺れも大きいことから利用者の評価は決して高くはない。しかしながら低成長社会において道路網を維持していくためにはこれらを適切に使用していくことが求められる。本報告ではこの橋を対象に歩行時の揺れと歩きにくさ（やすさ）の関係についてケーブル張力に着目して解析的に検討する。

2. 対象橋梁

写真-1 の無補剛吊歩道橋を対象とする。RC 製の主塔と 2 本のメインケーブル、鋼棒の吊材を介し歩廊部は CH 鋼（100x50x5x7.5、SS400）と L 型鋼（50x50x5、SS400）によるフレームと 13 本の床索の上に木製の床版で構成されており、両側斜め下に耐風索が設置されている。設計図書や図面が存在しないため、主要諸元を測量機器で計測し、ケーブル類は、外形と直径、より線数から種別を判断した。図-1 にこの橋の一般図、表-1 にケーブルの諸元を示す。



写真-1 無補剛小規模吊橋

3. 解析モデルとケーブル張力の予想

図-1 を元に図-2 に示すモデルを作成し ANSYS 2020R1 を用いて有限変位弾性解析を行った。図中の< >は拘束条件で、メインケーブル、耐風索の定着部および橋脚の基部は全て固定とし、床索の定着部は全てピンとした。

現地で床索と耐風索に導入されている張力が測定できなかったため、支間中央に 2 名（73kgf、80kgf）を載荷したところ、支間中央のたわみは 66mm であった。そこで床索および耐風索の張力を変化させ 66mm の変位を生じるケーブル張力を推定したところ床索がそれぞれ 0.6kN、耐風索が 1kN といずれもかなり小さい値となった。

4. ケーブル張力と変位・固有振動数の検討

作成した解析モデルに対し、床索と耐風索の張力を変えた場合、歩廊部の両側にトラス構造を設置した場合の支間中央の歩廊部に生じる変位と固有振動数から歩行の際の揺れと歩きにくさを検討する。

この橋は、1 歩踏み出すごとにかなり

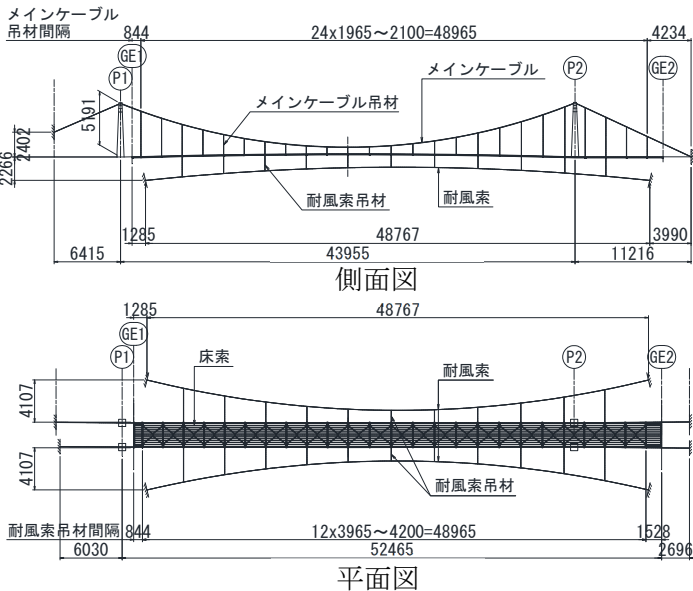


図-1 対象橋の一般図

表-1 ケーブル諸元

ケーブル名称	ケーブルタイプ	種別	直径 (mm)	材質	断面積 (mm ²)	単位重量 (kN/m ³)	ヤング係数 (N/mm ²)	降伏荷重 (kN)
メインケーブル	ストランド	7x19	31.5		473.0	81.3	137000	205.3
メインケーブル吊材	鋼棒		13.0	SS400	40.8	77.0	200000	53.0
耐風索	ガードケーブル	3x7	14.0		78.4	77.2	137000	72.6
耐風索吊材	ガードケーブル	3x7	14.0		78.4	77.2	137000	72.6
床索	亜鉛めっき鋼より線	1x3	9.3	鋼	43.6	77.4	157000	32.8

キーワード 小規模吊橋、床索、耐風索

連絡先 〒814-0180 福岡県福岡市城南区七隈 8-19-1 TEL 092-871-6631

たわむことから、固有振動数のみで歩きにくさを検討するのは不十分と考えられる。そこで、図-2(a)中に示すA点とB点にそれぞれ1名分(73kgf)が載荷されたときの相対差を変位差と定義し、これが大きくなると歩きにくくなると考えることにする。人の歩行は2Hz程度とされており、歩行により人の重心が左右に振れるため水平方向には1Hz程度となる²⁾。そこで中央部の鉛直またはねじり固有振動数が2Hz程度、あるいは水平固有振動数が1Hz程度となるかも合わせて検討する。なお前章に示す床索0.6kN、耐風索1kNの張力の場合、固有振動数は鉛直0.81Hz、水平0.67Hzであった。

(1) 床索の張力を変えた場合

耐風索の張力を1kNとし、床索の張力を0.5~35kNの範囲で変化させた場合の変位差と固有振動数を図-3に示す。変位差は張力が20kN以下では床索張力の増加とともに大きく減少するが、その後は大差なくなる。変位差の結果からは床索の張力は20kN程度が好ましいが、固有振動数が2.0Hzに近づくことに注意が必要である。

(2) 耐風索の張力を変えた場合

床索張力を20kNとし、耐風索の張力を1~75kNの範囲で変えた場合の変位差を図-4に示す。張力が増加すると変位差も増加しているが、これは耐風索が床を下方に引っ張ることで床索の張力が小さくなるためと考えられる。なお耐風索の張力増加により固有振動数は微増するのみであり、これによる歩行性の変化はあまり生じないこともわかる。

(3) 歩廊部両側にトラス構造を設置した場合

最後に歩廊部両側にトラス構造を設置した場合の変位差と固有振動数を求めた。トラス構造はA橋の近傍の橋の例を参考に、L型鋼(50x50x5、SS400)から構成され、高さは歩廊上面から90cmとした。総重量は約800kgfである。床索と耐風索の張力を1kNとした場合の変位差は、トラス構造がない場合の11.6mmに対し0.6mmと大きく改善された。また固有振動数も鉛直3.02Hzと大きくなっており、水平方向の振動モードは5Hz以下では現れなかった。なお、トラス設置後のメインケーブル張力は28.2kNと降伏張力の約14%であった。

5. まとめ

本研究では実在する無補剛小規模歩道吊橋の揺れによる歩きやすさを解析的に検討した。その結果、床索の張力はある程度大きくする方が歩行性は改善すること、耐風索の張力による影響は床索ほどにはないこと、トラス補剛することにより大幅な改善が図れることがわかった。今後はより歩行性を改善できるケーブル張力や管理の方法について検討を進めていく予定である。

【参考文献】1) 日本道路協会：小規模吊橋指針・同解説，1984。

2) 川崎ら：歩行者により励起される橋桁の水平応答値の推定法，構造工学論文集 54A，2007。

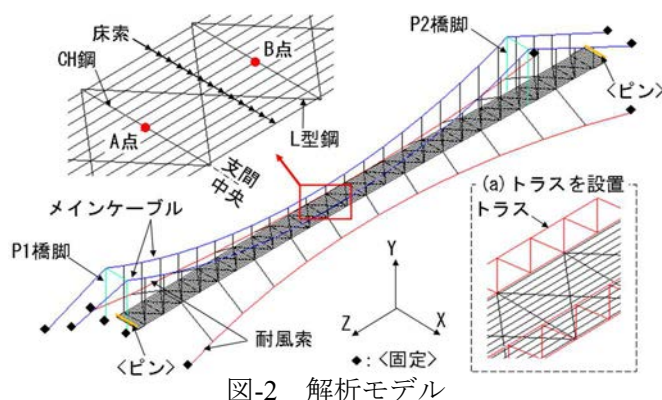


図-2 解析モデル

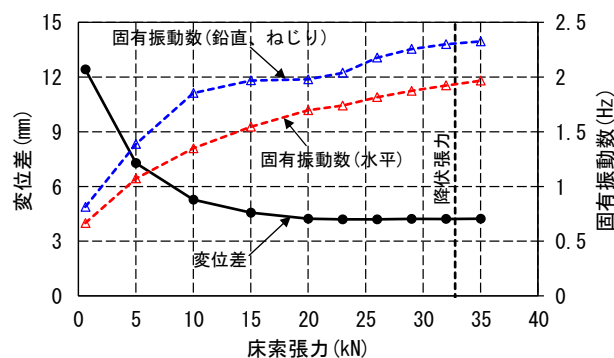


図-3 床索の張力を変えた場合の変位差

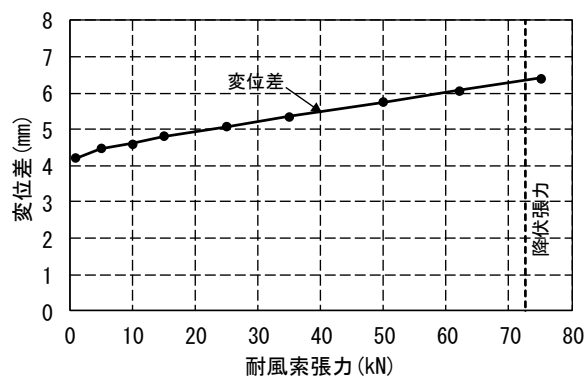


図-4 耐風索の張力を変えた場合の変位差