

損傷したケーブルを有する少数ケーブル斜張橋の 残存性能に関する解析的研究

神戸大学大学院工学研究科 学生員 ○林 宏行
神戸大学大学院工学研究科 正会員 橋本国太郎

1. 研究背景および目的 近年、鋼斜張橋のケーブル部材の腐食劣化事例が報告されるようになり、その残存耐力やリダンダンシーに関する評価が求められている。しかし、斜張橋は鋼トラス橋に比べてリダンダンシーなどの検討はほとんど行われていない。そこで本研究ではケーブルが腐食による損傷をした際の残存耐力や各部材の挙動を評価することを目的とし Fig.1 のような少数ケーブル形式の斜張橋を有限要素法によってモデル化し、ケーブル部材が腐食減肉したことを想定し、そのときの橋梁全体の挙動や応力再配分挙動を追跡し、さらに橋梁全体の残存性能を評価した。

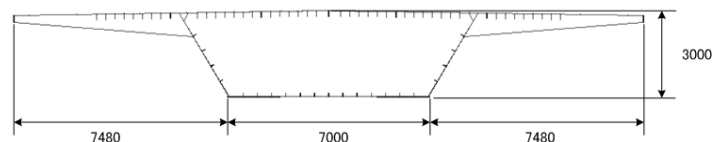
2. 解析モデルおよび解析手法 本研究で対象とした橋梁は、橋長 378.07m、中央支間長 216m を有する 3 径間の一面吊り連続斜張橋で、ケーブル形式は二段の少数ケーブル形式である。構造解析には、汎用有限要素解析コード Sean FEM¹⁾を用いた。モデル化に際して桁および塔はファイバー要素を用い、ケーブルはトラス要素を用いた。桁は主な使用鋼材を SS400 とし、12 種類の断面を作成、塔は主な使用鋼材を SM490 とし、9 種類の断面を作成した。桁および塔の断面のうちの一つを Fig.2 に示す。それぞれの部材に用いた材料の応力-ひずみ関係は全てバイリニア型として設定を行った。なお、本研究においては橋梁上部構造の静的解析を目的としているため、下部構造に関しては簡易再現としている。

解析に際して荷重は、橋梁の架設ステップを忠実に再現するという目的からケーブル以外の死荷重→ケーブルの死荷重→ケーブルのプレストレスという順番で漸増载荷によって導入した。その後、道路橋示方書²⁾を参考にして、B 活荷重の等分布荷重 $p1$ および $p2$ を導入した。そこまでの载荷が終了した段階で、腐食を想定したケーブルに 5% 刻みで 40% まで腐食を与えて解析を繰り返し行った。解析モデルの斜張橋はケーブルが塔を挟んで連続しているため、腐食を想定するケーブルは「上段ケーブル」または「下段ケーブル」の二種類とした。等分布荷重 $p1$ に関しては腐食を想定したケーブルが不利となるように载荷を行っている。

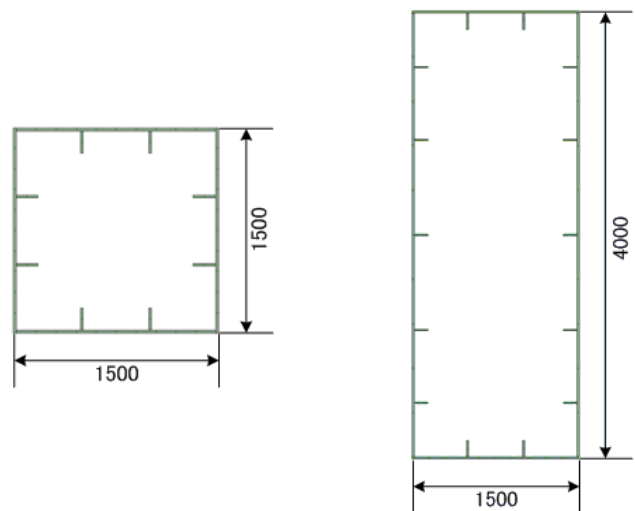
3. 解析結果 上段ケーブルの腐食が進行した場合の腐食想定ケーブルの応力変化を Fig.3 に示す。腐食を想定した位置は、塔とケーブルの結合部付近と設定した。今回用いたケーブルの破断応力が 1570N/mm^2 であることから、許容応力は 640N/mm^2 程度であると考えられ、腐食減肉量が 25% を超えると許容値を超えてしまう



Fig.1 解析モデル全景



(a) 桁断面図



(1) 柱部断面

(2) 梁部断面

(b) 塔断面図

Fig.2 桁および塔断面図 (単位: mm)

キーワード: 構造解析, 斜張橋, ケーブル腐食

連絡先: 〒657-8501 神戸市灘区六甲台町 1-1 神戸大学大学院工学研究科市民工学専攻 TEL: 078-803-6011

ことが分かる．このまま上段ケーブルが破断してしまった場合を解析した際の変形図（変形倍率 10 倍）を Fig.4 に、コンター図を Fig.5 に示す．これらによると上段ケーブルの破断によって上段ケーブルが全く機能を果たさなくなっているため、桁を吊り上げる力が無くなり桁が大きくたわんでいることがわかる．P3 塔の応力が全体的に非常に大きくなっており、P4 塔は中央径間側の応力が非常に大きくなっており変形も大きくなっていることがわかる．ただし、両塔ともに降伏応力には至っていない．Table.1 に P3 塔および P4 塔の塔頂部の中央径間側への変位および中央径間での最大鉛直変位を示す．中央径間での最大変位は中央径間の中央部ではなく、少し P4 塔よりの部分で発生していた．このたわみは L/400 の許容たわみを超えているため、このままの状態では供用を続けることは難しい状態であると判断される．

同様に下段ケーブルに対しても解析を行ったが、腐食が進行したと想定した場合、もともと下段ケーブルに大きな応力が発生していなかったため、上段ケーブルよりもさらに腐食が進行し 40%まで進行した際に許容応力を上回るという結果が得られた．下段ケーブルにおいても上段ケーブルと同様に、破断が発生した際には下段ケーブル

が全く機能を果たさなくなるため、供用を続けることは難しい状態であるという結論が得られた．しかし、腐食が進行した際の応力や変位量などを調査したところ、先ほどデータを示したケーブルを含めて大きな応力が発生しているという部材は発見されなかったため、少数ケーブルの斜張橋で少々の腐食が発見された場合でも、その腐食量が非常に大きくない限り、供用を続けることは可能であると考えられる．

4. 結論 本研究で用いた少数ケーブル斜張橋においては、もともとのケーブルの断面積が大きく設定されていることや、ケーブルの応力にかなり余裕があるため、少々の腐食が発見されたとしても、応力としては余裕があるといえる．しかし、上段・下段にかかわらず破断をしてしまうと、たわみは許容値を大きく上回り、応力も各所で許容値を上回るため、供用を続けることは難しいことがわかった．

少数ケーブルでケーブルが塔を挟んで連続している形式の斜張橋においては、腐食が発見された場合にはその進行を観察し、その進行をできる限り食い止め、破断という最悪の事態を招かないように対策を行うことが重要となってくると考えられる．

参考文献

- 1) 野中哲也，吉野廣一：パソコンで解く ファイバーモデルによる弾塑性有限変位解析，丸善，2010．
- 2) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説，丸善，2012．

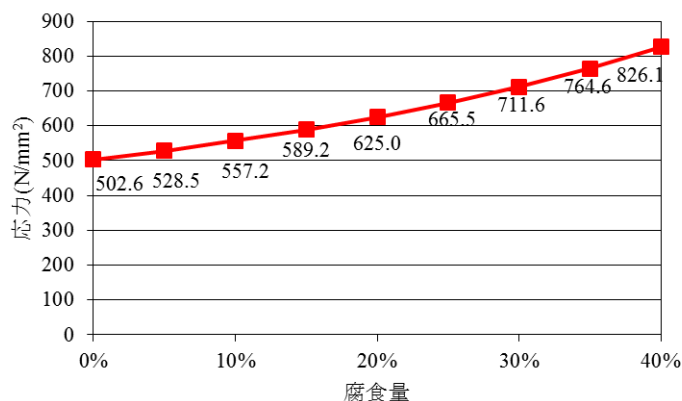


Fig.3 ケーブルの応力と腐食量の関係

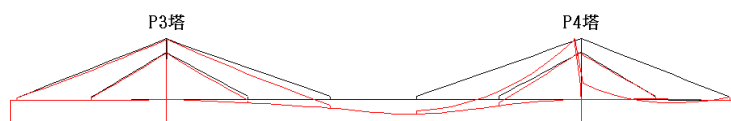


Fig.4 変形図（上段ケーブル破断）

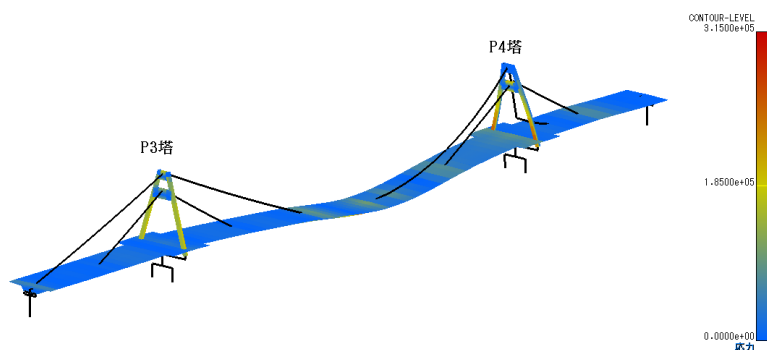


Fig.5 上段ケーブル破断時コンター図

Table.1 上段破断時変位量（単位：cm）

場所	P3 塔	P4 塔	たわみ
変位量	7.0	33.7	76.4