

## ケーブルが腐食した斜張橋の耐震性能に関する解析的研究

神戸大学大学院 学生会員 ○石原 秋太  
神戸大学大学院 正会員 橋本国太郎

## 1. はじめに

アメリカの I-35W 橋の落橋事故以降、橋梁に腐食を想定した残存耐荷力やリダンダンシー評価を行うという研究が鋼トラス橋を中心として行われてきた<sup>1)3)</sup>が、斜張橋においては、腐食したケーブルを有する斜張橋の残存耐力を検討した研究も進められている<sup>4)5)</sup>。しかし、腐食したケーブルを有する斜張橋の耐震性能に関する研究はほとんど行われていない。そこで本研究では、斜張橋を FEM モデルで再現し、死荷重・プレストレスを導入し、ケーブル部材に腐食を与え、地震応答解析を行った。この解析においては、健全状態のケーブルの断面を減らすことで腐食を再現し、その際の橋梁の各部材の荷重の分担の変動や、桁やケーブルに発生している応力などを確認することで、腐食により地震時の挙動の変化があるかについて確認した。

## 2. 解析方法

本研究における斜張橋の地震応答解析には、鋼斜張橋の全体系モデルに対して材料非線形性と幾何学的非線形性を同時に考慮した複合非線形解析を行うことができる汎用有限要素解析コード Sean FEM を用いた。

本研究で対象とした斜張橋モデルを、図 1、図 2 に示す。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 4 段の少数ケーブル形式である。解析モデル内においては、90 の要素に分割して作成した。主桁、塔についてはファイバー要素、ケーブルはトラス要素、橋脚は弾性はり要素とし、表 1～3 に示すように基部は全方向完全固定、支承は拘束条件をばね要素であり、基礎部は、本モデルにおいては再現を行っていない。



図 1 解析モデル全景

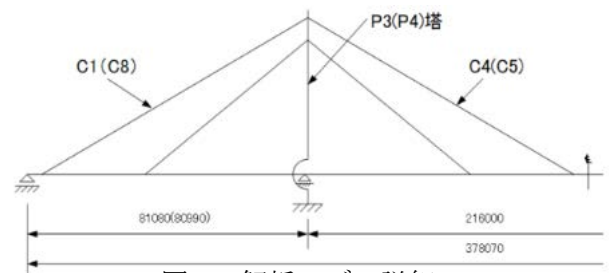


図 2 解析モデル詳細

表 1 塔サドル部の拘束条件

	変形	回転
最上段	全固定	全固定
それ以外	橋軸方向フリー	橋軸直角フリー
	他方向固定	他方向固定

表 2 対象橋梁 支承詳細

	橋脚-桁	橋脚-塔
P2 橋脚	ペンデル支承	/
	ラテラル支承	
P3 橋脚	ピン支承	ピン支承
P4 橋脚	ピンローラー支承	ピン支承
P5 橋脚	ペンデル支承	/
	ラテラル支承	

表 3 解析モデル 支承部分性状

名称	変形	回転
P2・P5 ペンデル	橋軸方向フリー	橋軸直角フリー
	他方向固定	他方向固定
P2・P5 ラテラル	橋軸方向フリー	橋軸直角フリー
	他方向固定	他方向固定
P3 桁ピン支承	全方向固定	橋軸直角フリー
		他方向固定
P4 桁ピンローラー支承	橋軸方向フリー	橋軸直角フリー
	他方向固定	他方向固定
P3・P4 塔ピン支承	全方向固定	橋軸直角フリー
		他方向固定

キーワード 斜張橋 腐食 耐震性 ファイバーモデル 地震応答解析

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

耐震性の解析については、まず腐食欠損を与え、続いて死荷重、プレストレスを考慮した静的解析、質量データを考慮した固有値解析を行った後に、地震動データを用いた地震応答解析を行った。耐震性能の評価は、健全なモデルと腐食を含むモデルの両方で地震応答解析を行い、その結果を許容応力、許容たわみなどと比較することで、その腐食パターンにおいて、十分な耐震性能を保有しているかを確認した。具体的には主塔変位、ケーブル最大応力、ケーブル発生応力、桁応力、桁変位が、許容値を上回っていないか、健全時と比較して大幅な変化がないかを確認した。これにより耐震上、危険な腐食状態や重要な部材の特定を試みた。入力地震動については、図3、図4に示すレベルII地震動の2つのパターンを用いた。

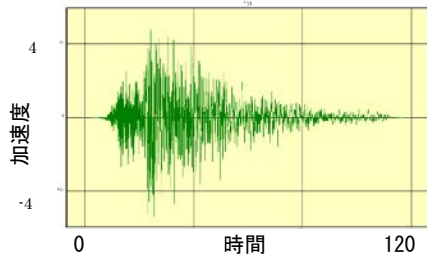


図3 入力地震動 プレート型(1-1-1)

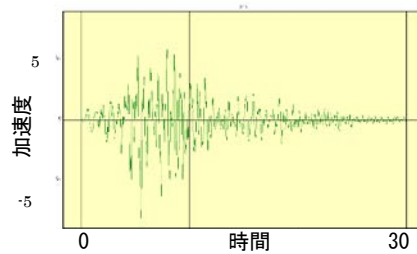


図4 入力地震動 直下型(2-1-1)

### 3. 解析結果と考察

結果を表4に示す。結果として、主塔変位やケーブル応力、桁応力などの地震時の挙動が腐食によって大幅に増減することはなかった。ただ、いくつか解析上で傾向がみられた。地震動の方向で比較した際に、x方向(橋軸方向)で影響が大きかったことについては、対象橋梁の支承が橋軸方向の変形においてフリー、橋軸直角方向の軸まわりの回転においてフリーであるものが多かったことが原因と考えられる。また地震動の種類で比較した際に、直下型で影響が大きかったことについては、入力地震動の最大加速度が直下型でより大きいことに起因すると考えられる。

今後の課題として、いくつかのパラメータを変化させた解析を継続して実施することと、IDA(漸増動的解析)を実施し、部材の破損の順序を明確にする。

表4 解析結果

	腐食ケーブル	腐食量	地震動の方向	地震動の種類	結果
地震動の方向比較	c5	健全,50%	x,y	111	xで影響大(桁変位はyで大)
地震動の種類比較	c5	健全,50%	x	<b>111,211</b>	直下型で影響大
腐食量での比較	c5	<b>健全,50,75,100%</b>	x	111	75%まで大きな変化なし
腐食ケーブルの比較	<b>1,2,4ケーブル腐食</b>	健全,50%	x	111	大きな変化なし

#### 参考文献

- 1) 永谷秀樹他：我国の鋼トラス橋を対象としたリダンダンシー解析の検討，土木学会論文集，Vol65，No. 2，pp. 410-425，2009.
- 2) 岩崎英治：線形解析によるトラス橋のリダンダンシー評価に関するケーススタディ，鋼構造物と橋に関するシンポジウム論文報告集，pp. 21-32，2014.
- 3) 馬越一也他：トラス橋のケーススタディ(非線形解析)ー鋼トラス橋を対象とした連鎖崩壊型動的リダンダンシー解析ー，鋼構造物と橋に関するシンポジウム論文報告集，pp. 39-46，2014.
- 4) 橋本国太郎他：ケーブルが腐食損傷した少数ケーブル鋼斜張橋の残存性能に関する解析的研究，鋼構造物論文集，Vol. 28，No. 109，pp. 103-115，2021.
- 5) 中村俊一他：ケーブル腐食を考慮した斜張橋の終局強度および疲労寿命，構造工学論文集，Vol. 67A，p. 1-13，2021.