

損傷を有する鋼製トラス橋の耐震性に関する基礎的検討

九州大学工学府 ○学生員 坂口和弘 九州大学工学研究院 正会員 梶田幸秀
九州大学工学研究院 フェロー 大塚久哲

1. 研究の背景と目的

橋の維持管理について、今後20年で補修が必要な橋が急増すること¹⁾や橋の維持・修繕費に限りがあること²⁾を考えると、補修に優先順位をつけ合理化する手法の開発が急務である。そこで本研究では、優先順位をつけるために橋梁の安全性を総合的に評価することを目的とし、損傷を有する鋼製トラス橋を対象に活荷重漸増解析および地震応答解析を行い、橋梁全体の挙動の把握および損傷箇所の違いによる耐震安全性について検討を行なった。

2. 対象橋梁の概要

解析対象は1963年に供用された鋼製の下路式1径間ワーレントラス橋である。橋梁全体の寸法を表-1、各主要部材の断面形状を表-2に示す。

2.1 解析モデルの概要

解析対象橋梁のトラス部材(上下弦材, 端柱, 斜材, 上下横構, 床桁および縦桁)をはり要素, 床版を平面要素でモデル化した。はり要素の部材は剛結とし, 床版は設置位置となる縦桁と質量を持たない鉛直な剛部材で剛結させた。橋の総重量は1161kNで, 支承条件は固定側が橋軸直角軸周りの回転のみフリー, 可動側が橋軸方向の並進および橋軸直角軸周りの回転をフリーとした。図-1の(a)(b)(c)に解析モデルの概略図と主要部材の名称を示す。

2.2 部材性能および材料特性

トラス部材の復元力特性は, 材料がSS400であり, 二次勾配を初期剛性の1/100としたバイリニアモデルを採用し, 床版の復元力特性は, 二次勾配を初期剛性の1/100とした最大点指向型の履歴ループを採用した。部材の材料特性は表-3に示す。

2.3 損傷モデルの概要

損傷モデルとして破断モデルと腐食モデルを作成した。破断モデルは, スパン中央部の斜材を2本破断させた破断モデルAと支点近傍の斜材を2本破断させた破断モデルBで, 腐食モデルは, 斜材と下弦材の接合部から上方1mの範囲で全ての斜材に様に腐食を与えたモデルである。腐食は断面積の減少とそれに伴う剛性の低下により表現し, 断面積の減少の割合を断面欠損率 β として, β の値を0.1, 0.25, 0.5の3パターンで解析を行なった。なお, $\beta=0.1$ とは10%の断面欠損を表す。破断モデルの概略図を図-2, 腐食モデルの側面図を図-3に示す。

3. 活荷重漸増解析の概要

はじめに, 自動車荷重等の比較的静的な荷重が加わる場合に, 健全モデルと損傷モデルの損傷の違いが橋梁の

表-1 車帰橋の寸法

橋長(m)	支間(m)	幅員(m)	高さ(m)
46.8	46.2	5.6	6.58

表-2 主要部材の断面形状

上下弦材	端柱	圧縮斜材	引張斜材
箱型	箱型	H型	H型

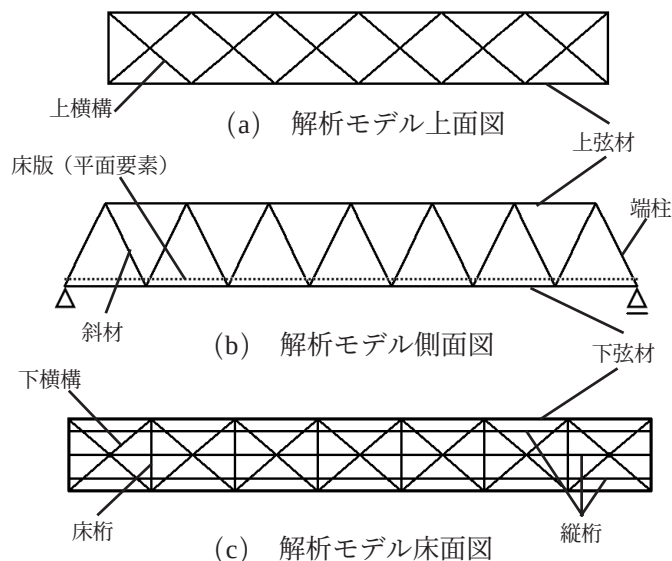


図-1 解析モデル概略図

表-3 材料特性

	トラス部材	床版	剛部材
ヤング率(kN/m ²)	2.00E+08	3.10E+07	1.00E+10
せん断弾性係数(kN/m ²)	7.70E+07	1.35E+07	1.00E+10
ポアソン比	0.3	0.2	0.5

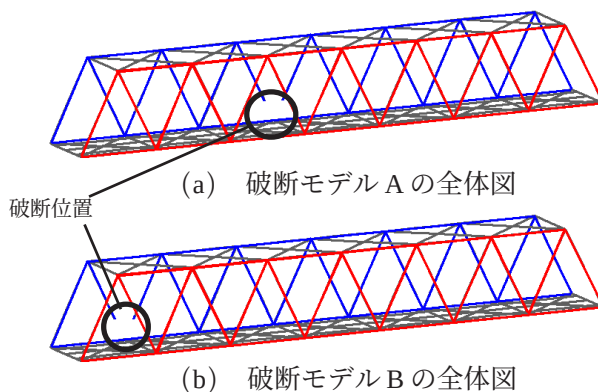


図-2 破断モデル概略図

安全性に与える影響を比較・検討するために, 死荷重および活荷重を考慮した活荷重漸増解析を行なった。

活荷重は20tトラックが4台載った状態を想定し, 合計800kNを図-4に示す割合で縦桁位置の節点へ鉛直下方向に与え, 倍率を掛けることで増分させた。

このときいずれかの部材に降伏が発生した時点で解析を終了し, そのときの活荷重の総計を P_x , 道路橋示方書

より算出した対象橋梁の設計活荷重³⁾を P_0 として以下の式(1)により安全率 S を算定した.

$$S = \frac{P_x}{P_0} \quad (1)$$

3.1 活荷重漸増解析結果

各モデルにおける安全率を表-4に示す. これを見ると, 破断モデルBでは安全率が大きく下がっていることから, 支点近傍の斜材の破断は活荷重増荷時に橋梁全体の安全性に大きく影響するものと考えられる. また, 腐食モデルでは断面欠損が大きくなるにつれて安全率が下がっている. これは剛性の低下に伴い降伏が早まったためと考えられ, 斜材を全て腐食させていることで橋梁全体の安全性に大きく影響するものと考えられる.

4. 地震応答解析の概要

今後, 補修が必要な橋が急増すれば, 軽微な損傷であれば補修を先送りしたり, 点検が間に合わなかったりという状況が想定される. このとき地震が起これば, 活荷重増荷時には安全であっても, 地震時には安全とは限らない. そのため, 活荷重漸増解析と同じモデルを用いて地震応答解析を行ない, 損傷を有する橋梁の地震時の安全性を検討した. 入力地震波はJR西日本鷹取駅構内で観測された波を補正したNS波とUD波を用い, 入力箇所は支点の4箇所とし, NS波を橋軸直角方向, UD波を鉛直方向へ2方向同時入力した. なお, 積分時間間隔は0.001秒とし, 活荷重は考慮していない.

4.1 地震応答解析結果

地震応答解析では部材の降伏は全て端柱と斜材に起こった. 図-5の(a)(b)に各モデルの最大塑性率を示す. なお, 部材番号は図-6に示す番号と対応しており, 橋軸に沿った2つの側面のうち一方のみ示している.

これを見ると, 破断モデルの最大塑性率は健全モデルとほぼ同じ値となっていることがわかる. また, 腐食モデルでは断面の欠損が大きくなるにつれて最大塑性率も大きくなっており, $\beta = 0.1$ の場合でも健全・破断モデルより大きな値を示している. これより, 地震時には斜材2本の破断よりも全斜材の腐食の方が橋梁全体の安全性に大きく影響するものと考えられる.

5. まとめ

腐食モデルは活荷重漸増解析および地震応答解析において断面欠損率の増加に伴い安全性が低下することが確認できた. 一方, 破断モデルは活荷重漸増解析では健全モデルより安全性が低下するものの, 地震応答解析では健全モデルと同程度の安全性であるという結果が得られた. 破断モデルの地震時の挙動についてはさらなる検討が必要だと考えられる.

6. 参考文献

- 1) 深澤淳志: 高齢化する我が国の橋梁の長寿命化に向けて, 橋梁と基礎, Vol.42, No.8, pp.14-16, 2008.8

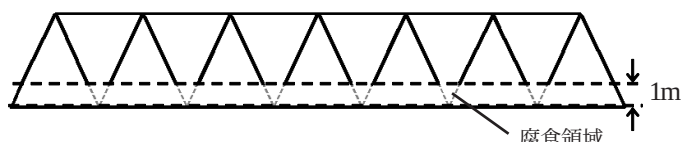


図-3 腐食モデル側面図

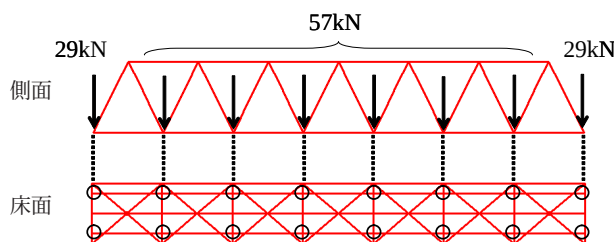
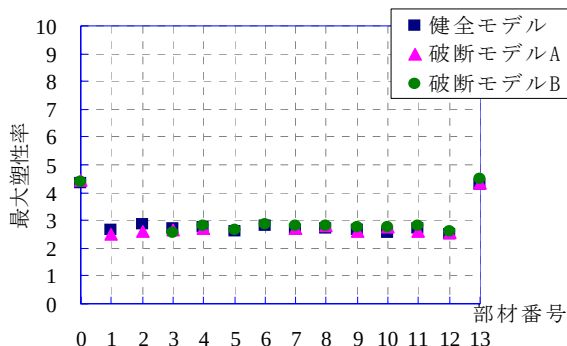


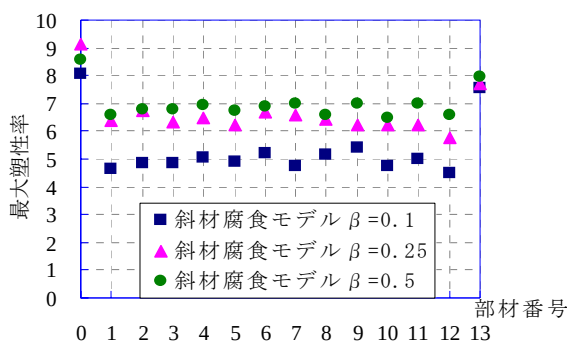
図-4 活荷重増荷位置

表-4 各モデルの安全率と降伏箇所

	損傷させた位置	安全率	降伏箇所
健全モデル	-	2.10	支点近傍の 圧縮斜材
破断モデルA	スパン中央の斜材を破断	1.96	
破断モデルB	支点近傍の斜材を破断	0.86	
腐食 モデル	$\beta = 0.1$	1.82	
	$\beta = 0.25$	1.39	
	$\beta = 0.5$	0.67	
全斜材を一様に腐食			



(a) 健全・破断モデルの最大塑性率



(b) 腐食モデルの最大塑性率

図-5 各モデルの最大塑性率

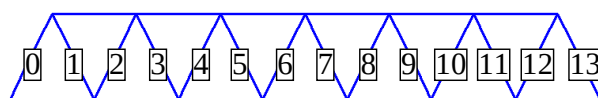


図-6 端柱・斜材の部材番号

- 2) 日経コンストラクション, 2007年11月9日号, NEWS 焦点(pp.14-16)
- 3) (社)日本道路協会: 道路橋示方書II鋼橋編, 2002.3