

トラス橋の格点部モデル化方法がリダンダンシー解析におよぼす影響

山口大学大学院 学生会員 ○岡 直幸
 山口大学大学院 学生会員 内山和昭
 山口大学大学院 正 会 員 田島啓司
 山口大学大学院 正 会 員 麻生稔彦

1. はじめに

2007年8月に米国ミネソタ州ミネアポリスで発生した I-35W 橋崩落事故を契機に、鋼トラス橋梁のリダンダンシーに注目が集まることになった。リダンダンシーとは、橋梁のある部材が損傷した場合に、その他の部材が断面力を補うことで橋梁の崩落を防ぐ性質のことである。既往の研究¹⁾では、部材に損傷がない下路トラス橋について、トラス格点部の解析モデルの違いが作用応力に影響をおよぼすことが確認された。リダンダンシー評価の解析対象となる部材が損傷したトラス橋についても同様に、トラス格点部の解析モデルの違いが、作用断面力に影響する可能性が十分に考えられる。そこで、本研究では単純下路式トラス橋の部材が損傷した3ケース(比較のために損傷がないケースも検討対象に設定)について、トラス格点部の解析モデルの違いが、リダンダンシー評価におよぼす影響を検討した。

表-1 対象橋梁の諸元

橋種	単純下路トラス橋
支間長	107.4 m
幅員	8.0 m
高さ	14.0 m

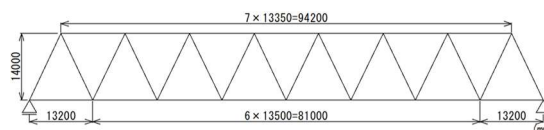


図-1 対象橋梁側面図

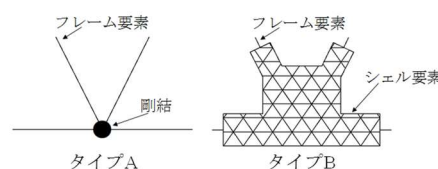


図-2 格点構造モデル

2. 解析概要

2.1. リダンダンシーの解析方法

対象橋梁は単純下路トラス橋とした。対象橋梁の諸元を表-1、側面図を図-1に示す。トラス橋のリダンダンシー評価に用いる作用断面力は、数値解析により求めた。数値解析には構造解析ソフト「SAP2000」を用いた。荷重は死荷重のみを考慮した。格点部の構造モデルは、部材を単純に剛結合したタイプAとトラス格点のガセットプレートをシェル要素でモデル化して、実構造の特性を忠実に反映したタイプBの2種類とした。各タイプの格点構造モデルを図-2に、全体モデル図を図-3に示す。トラス橋の鋼部材はフレーム要素、床版はシェル要素でモデル化した。トラス橋のリダンダンシーは、ある一つの主構部材を損傷させた時に残りの部材が損傷に至るかで評価する。部材の損傷がなく健全な状態と、せん断力の大きい桁端部の斜材、曲げモーメントの大きい支間中央部の上・下弦材が損傷した状態の合計4ケースについて解析を行った。損傷ケースを表-2、損傷箇所を図-4に示す。部材の損傷は部材要素を取り除くことで表現した。

2.2. リダンダンシーの評価方法

橋梁のリダンダンシーは既往の研究²⁾を参考に、以下に示す式(1)、(2)より得られる照査指標 R で評価した。照査指標 R は各部材の軸力、面内曲げモーメント、面外曲げモーメント作用断面力と全塑性応力(又は終局強度)の比の成分 $R(N)$ 、 $R(M_{in})$ 、 $R(M_{out})$ の和により求める。対象部材の軸力が引張の場合は式(1)、圧縮の場合は式(2)を用いる。照査指標 R が1.00を超えた場合、

キーワード ガセットプレート、鋼トラス橋梁、リダンダンシー

連絡先 〒755-8611 山口県宇部市常盤台 2-16-1 山口大学工学部社会建設工学科 TEL0836-85-9323

図-3 全体モデル図

表-2 解析ケース

解析ケース	詳細
1	損傷なし
2	端支点部斜材
3	支間中央部下弦材
4	支間中央部上弦材

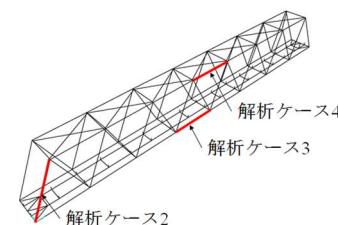


図-4 損傷箇所

連鎖的な部材破断へと進展して橋梁全体の崩壊に至ると判定する。

$$R = R(N) + R(M_{in}) + R(M_{out}) = \frac{N}{N_p} + \left(\frac{M}{M_p} \right)_{in} + \left(\frac{M}{M_p} \right)_{out} \tag{1}$$

$$R = R(N) + R(M_{in}) + R(M_{out}) = \frac{N}{N_u} + \left(\frac{1}{1 - (P/P_E)} \cdot \frac{M}{M_p} \right)_{in} + \left(\frac{1}{1 - (P/P_E)} \cdot \frac{M}{M_p} \right)_{out} \tag{2}$$

ここで、 N ：作用軸力、 M ：作用曲げモーメント、 N_p ：全塑性軸力、 M_p ：全塑性曲げモーメント、 N_u ：終局圧縮強度、 P_E ：オイラー座屈強度、 M_{eq} ：換算曲げモーメント、 in ：面内、 out ：面外。

3. 解析結果

主構部材の記号を図-5に示す。タイプAの解析ケース2について、損傷側主構面の照査指標 R とその内訳(%)を表-3に示す。詳細指標 R が最大となった部材はR-L1で $R=2.13$ であった。照査指標 R の内訳を見ると、部材損傷を仮定したR-D1の周辺にあるR-U1、R-D2、R-L1において、曲げモーメント成分 $R(M_{in})$ 、 $R(M_{out})$ が高い値を示しており、曲げモーメント成分が R の支配因子となっている。タイプAの各解析ケースにおいて照査指標 R が最大となった部材について、タイプA、Bの照査指標 R とその内訳、およびタイプAに対するタイプBの変化率を表-4に示す。タイプBの変化率を見ると、軸力成分 $R(N)$ の変化が小さいのに対し、曲げモーメント成分 $R(M_{in})$ 、 $R(M_{out})$ の変化が大きい。部材に損傷のない解析ケース1は、主構が三

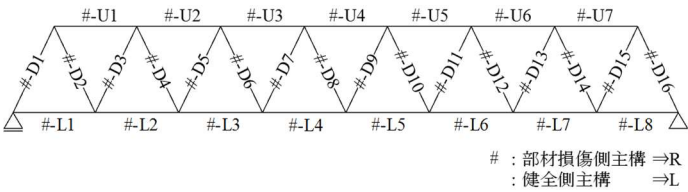


図-5 主構部材記号

表-3 照査指標 R と内訳(タイプA：解析ケース2)

部材名	R	内訳(%)			部材名	R	内訳(%)		
		$R(N)$	$R(M_{in})$	$R(M_{out})$			$R(N)$	$R(M_{in})$	$R(M_{out})$
R-U1	0.30	5.0 %	40.2 %	54.8 %	R-D1	損傷	-	-	-
R-U2	0.25	86.2 %	8.0 %	5.8 %	R-D2	1.37	3.1 %	29.8 %	67.1 %
R-U3	0.34	91.1 %	2.1 %	6.8 %	R-D3	0.75	45.5 %	18.4 %	36.2 %
R-U4	0.40	94.6 %	1.0 %	4.4 %	R-D4	0.78	58.1 %	5.9 %	35.9 %
R-U5	0.46	95.4 %	1.1 %	3.6 %	R-D5	0.40	48.6 %	9.3 %	42.1 %
R-U6	0.52	94.1 %	1.9 %	4.0 %	R-D6	0.45	56.4 %	17.5 %	26.2 %
R-U7	0.58	92.3 %	5.4 %	2.3 %	R-D7	0.13	0.6 %	14.4 %	85.0 %
R-L1	2.13	7.7 %	78.9 %	13.5 %	R-D8	0.26	52.2 %	20.0 %	27.9 %
R-L2	0.87	31.2 %	56.1 %	12.7 %	R-D9	0.64	68.0 %	11.7 %	20.3 %
R-L3	0.51	69.4 %	17.8 %	12.8 %	R-D10	0.65	73.5 %	3.0 %	23.5 %
R-L4	0.49	72.6 %	3.2 %	24.2 %	R-D11	1.05	63.4 %	8.1 %	28.5 %
R-L5	0.52	69.3 %	1.7 %	28.9 %	R-D12	0.81	72.0 %	4.1 %	23.9 %
R-L6	0.58	60.4 %	2.4 %	37.3 %	R-D13	1.06	64.3 %	6.1 %	29.6 %
R-L7	0.49	43.4 %	12.4 %	44.1 %	R-D14	0.79	74.1 %	3.7 %	22.3 %
R-L8	0.60	65.0 %	2.0 %	33.1 %	R-D15	1.26	58.6 %	3.8 %	37.6 %
					R-D16	0.68	69.4 %	6.1 %	24.5 %

表-4 照査指標 R と各成分の内訳

角形のトラス構造を構成し、照査指標 R の支配因子が軸力成分と

解析ケース		部材名	タイプA				タイプB				タイプAに対するタイプBの変化率(%)				
ケース番号	損傷箇所		R	R(N)	R(M _{in})	R(M _{out})	R	R(N)	R(M _{in})	R(M _{out})	R	R(N)	R(M _{in})	R(M _{out})	
1	損傷なし	R-D2	0.65	83.0 %	4.2 %	12.8 %	0.65	81.5 %	3.7 %	14.8 %	1.3	-0.6 %	-10.7 %	17.1 %	
2	損傷あり	R-D1	R-L1	2.13	7.7 %	78.9 %	13.5 %	2.55	5.9 %	79.9 %	14.2 %	19.7	-8.4 %	21.3 %	26.6 %
3		R-L4	L-D6	0.95	55.2 %	7.5 %	37.3 %	1.01	51.9 %	8.5 %	39.7 %	6.8	0.4 %	19.8 %	13.8 %
4		R-U4	L-D9	1.14	20.2 %	5.3 %	74.5 %	1.28	18.6 %	4.1 %	77.3 %	12.6	3.4 %	-12.7 %	16.9 %

なるため、照査指標 R の変化率が1.3%と小さい。一方、部材損傷がある解析ケース2～3は、主構がトラス構造を構成しないため、 R の支配因子が曲げモーメント成分となり、 R の変化率が6.8～19.7%と大きな値となっている。つまり、部材損傷の判定における支配因子が曲げモーメントとなるリダンダンシー解析においては、ガセット構造を正確にモデル化することが重要である。

4. まとめ

本研究では格点部のモデル化方法がリダンダンシー解析におよぼす影響について検討した。その結果、格点部構造を単純に結合し簡略化した構造では、ガセットプレートを表現した構造と比較して曲げモーメントが過小に算出され、リダンダンシー性能を高く評価してしまう懸念があることが明らかとなった。

参考文献

- 1) 玉越隆史，道路橋設計におけるリダンダンシーの評価に向けた取り組み，第17回鋼構造と橋に関するシンポジウム論文報告集，pp.1-14，2014。
- 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，第17回鋼構造と橋に関するシンポジウム論文報告集，pp.21-32，2014。