

トラス橋の格点部のモデル化方法と形状がリダンダンシーにおよぼす影響に関する研究

山口大学大学院 学生会員○内山知昭
 山口大学大学院 学生会員 岡 直幸
 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. 研究背景

2007年に米国ミネソタ州のトラス橋 I-35W 橋が、ガセットプレートの板厚不足による座屈と推定される原因によって突然落橋した¹⁾。この事故を契機に橋梁のリダンダンシーに注目が集まっている。リダンダンシーとは、構造物の一部の部材が破断しても、他の部材が破断した部材の断面力を補うことで落橋にまで至らない性質のことである²⁾。

トラス橋のリダンダンシーを解析で評価する際には、格点部のガセットプレートの構造を解析モデルに考慮せず、部材要素同士を単純に結合したモデルとするのが一般的であるが、ガセットプレートのモデル化方法がリダンダンシーに与える影響は明らかになっていない。また近年トラス橋において、景観性や維持管理性の向上を目的とした格点部構造の合理化が図られているが³⁾、格点部の構造の違いがリダンダンシーに与える影響は検証されていない。

本研究は、トラス橋の格点部のモデル化方法と合理化構造のガセット形状が、リダンダンシーにおよぼす影響を検証することを目的とした。

2. 対象橋梁

本研究対象とするトラス橋の諸元を表-1に側面図と断面図を図-1に示す。

図-1 対象橋梁の側面図と断面図

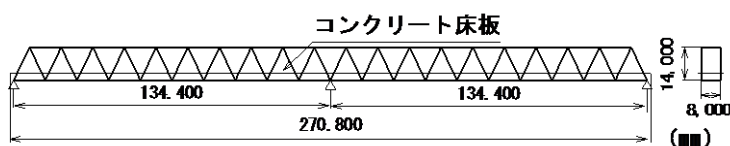


表-1 対象橋梁の諸元

橋梁形式		2径間連続ワーレントラス構造
橋長 (m)		270.8
支間長 (m)		134.4
床版	形式	コンクリート床板
	厚さ (mm)	300

3. 評価方法

トラス橋のリダンダンシーは、ある部材に損傷が生じた際に、損傷した部材以外の「残った部材」が損傷に至るかで評価する。「残った部材」が損傷する場合は、連鎖的な損傷に発展して落橋等の致命的状況にまで至り、逆の場合は、連鎖的な損傷がくい止められるため、落橋を免れるものと判定する。部材の損傷は構造解析で求めた作用断面力を用いて、式(1)および式(2)により判定する²⁾。作用軸力が引張の場合は式(1)で判定し、圧縮の場合は式(2)で判定する。当該式によって計算される評価指標 R が 1.00 を超える場合に部材が損傷に至ると判定する。これより各損傷ケースのリダンダンシーは、評価指標 R によって、定量的に表すことが可能となる。

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

$$R = \frac{P}{P_u} + \left(\frac{1}{1 - P/0.8P_E} \cdot \frac{M}{M_p} \right)_{in} + \left(\frac{1}{1 - P/0.8P_E} \cdot \frac{M}{M_p} \right)_{out} \quad (2)$$

N : 作用軸力, N_p : 全塑性軸力, M : 作用曲げモーメント, M_p : 全塑性曲げモーメント

P : 作用軸圧縮力, P_u : 全塑性圧縮軸力, P_E : オイラー座屈強度, in : 面内, out : 面外

4. 解析方法

作用断面力は、構造解析ソフト SAP2000 により算出した。解析には死荷重のみを考慮し、活荷重および部材損傷に伴う衝撃の影響は考慮しないものとした。格点部のモデル化方法と形状がリダンダンシーにおよぼす影響を検証するために、図-2に示す格点部のモデル化方法を変えたモデル A, B, C の3つのモデルを作成した。モデル A は、リダンダンシー解析で一般的な、部材のフレーム要素同士を格点部で単純に剛接続したモデルである。モデル B とモデル C はフレーム要素同士をシェル要素で模擬したガセットプレートを介して

キーワード リダンダンシー解析, 格点部構造, トラス橋

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

接続したモデルである。モデル B は、一般的なガセット構造で、モデル C は、合理化ガセット構造である。モデル C は、フィレット部を円弧形状に切り欠いて、スリム化を図ったもので、東京ゲートブリッジにも採用された構造である。部材損傷は、図-3 の①～⑥に示した箇所の部材を破断する 6 ケースと損傷が生じてない 1 ケースの計 7 ケースを解析した。当該部材を取り除いた解析を行うことで損傷時の断面力を把握する。モデル B、C を適用する格点は、モデル A の解析によって評価指標 R の値が最大になることを特定した部材の両側とした。

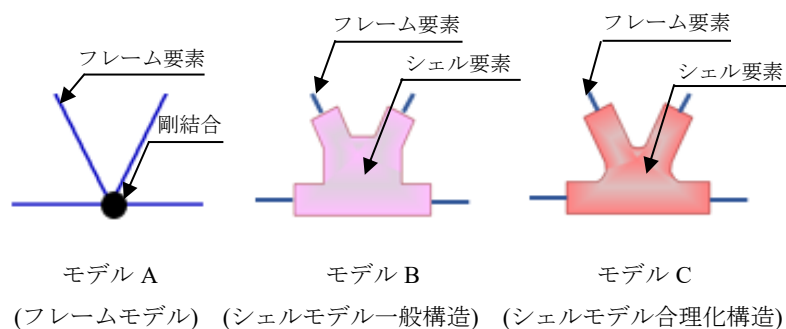


図-2 格点部の解析モデル

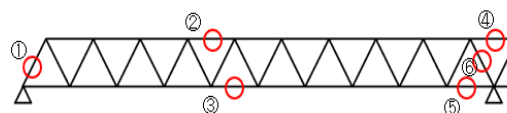


図-3 損傷部材

5. 結果と考察

評価指標 R の解析結果を表-2 に示す。損傷①～⑥は、図-3 に示した部材をそれぞれ破断したものである。ここで $R(N)$, $R(Min)$, $R(Mout)$ は、評価指標 R における軸力成分、面内曲げ成分、面外曲げ成分の内訳である。損傷 3、損傷 4、損傷 5 においてモデル A は評価指標 R 値が 1.00 を超えていなかったのに対しモデル B、モデル C では評価指標 R 値が 1.00 を超える結果となった。モデル化の方法によってリダンダンシーの評価が異なる結果になることが示された。モデル B をモデル A と比較した変化率とモデル C をモデル B と比較した変化率を表-3 に示す。すべての損傷ケースでモデル B の変化率がプラスになっている。つまり、ガセットプレートを表現しない一般的なフレームモデルは、厳密にガセットプレートをモデル化したシェルモデルよりも評価指標 R を低く解析することが示されている。変化率の内訳を見ると、曲げモーメントの成分 $R(Min)$, $R(Mout)$ の影響が大きいため、ガセットプレートが部材の曲げ変形を拘束する現象が生じていることが推測される。また、すべての損傷ケースにおいてモデル B よりもモデル C の評価指標 R が低くなった。フィレット部分をスリム化したことで曲げ変形の拘束度が小さくなったことが原因と考えられる。

6. まとめ

格点部のモデル化方法が橋梁のリダンダンシーの評価に、最大で 25% 増加させる影響をおよぼすことが本研究で明らかとなった。ガセットプレートを表現しない従来のモデルでは、リダンダンシーを高く評価する恐れがあることを示した。また、ガセットプレートの合理化構造は一般構造よりもリダンダンシーが高い構造であることがわかった。

参考文献

- 1) 笹野英行他：米国ミネアポリス I-35W 橋の崩壊メカニズムと各点部の損傷評価，土木学会論文集 A，Vol. 66 No. 2，pp.312-323，2010
- 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.21-31，2014.
- 3) 保坂鐵矢他：トラス格点部合理化構造の検討，構造工学論文集，Vol46A，pp.1353-1364，2000.