

# トラス橋のリダンダンシー解析における格点部のモデル化方法に関する研究

山口大学大学院 学生会員○石黒博和  
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、米国ミネソタ州において I-35W 橋の崩落事故が発生して以来、リダンダンシー解析に関する研究が盛んに行われている。既往の研究<sup>1)</sup>では、トラス橋のリダンダンシー解析に使用する解析モデルについて、格点部のガセットプレートの構造を忠実に反映する必要性が示された。フレーム要素同士を単純に剛結した解析モデル（以後、フレームタイプ）は、モデル作成が容易という利点があるが、ガセットプレートを再現していないため、評価精度は低い。ガセットプレートをシェル要素で再現した解析モデル（以後、シェルタイプ）と比較すると、リダンダンシー評価値に差が生じることが明らかとなった。

本研究では、格点部のモデル化方法が解析結果に影響することに着目し、モデル化方法によってリダンダンシー評価値が異なる原因の解明を目的とする。

## 2. モデル化および解析の概要

### 2. 1. 対象橋梁と格点部のモデル化方法

本研究で対象とした橋梁の諸元を表-1、側面図を図-1に示す。対象橋梁は、単純下路トラス橋である。また、図-2にトラス橋の格点部のモデル化方法を示す。

フレームタイプとシェルタイプにおいて、リダンダンシー評価値に差が生じる原因として、トラス橋の格点部の剛性に着目する。フレームタイプとシェルタイプの格点部を部分的に取り出した部分モデルによって、剛性を比較する。

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

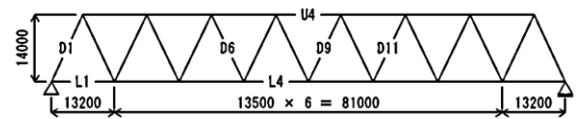


図-1 対象橋梁の側面図 (mm)

### 2. 2. リダンダンシー評価の方法

リダンダンシーは、ある部材を損傷させた際に、残りの部材が損傷に至るか否かで評価する。既往の研究<sup>2)</sup>と同様に、リダンダンシー評価値は、部材の損傷程度を示す指標  $R$  を用いる。 $R$  値は、各部材の軸力、面内曲げモーメントおよび面外曲げモーメントの作用断面力と全塑性断面力の比の和である。 $R$  値が 1.00 を超えた場合、部材損傷が橋梁全体に及び、崩落まで至ると判定する。また、作用軸が引張の場合は式 (1)、作用軸が圧縮の場合は式 (2) を用いる。

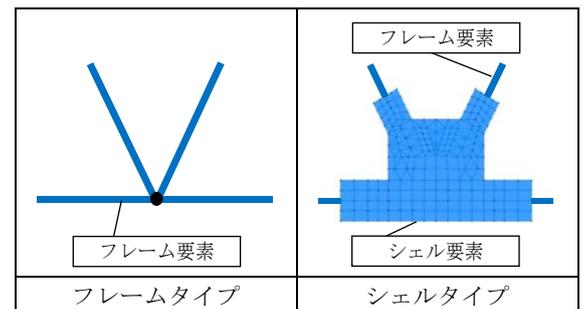


図-2 トラス橋の格点部のモデル化方法

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

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

$N$ : 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,  
 $N_u$ : 終局圧縮強度,  $P$ : 作用軸圧縮力,  $P_E$ : オイラー座屈強度, in: 面内, out: 面外

キーワード リダンダンシー解析, 格点部, 解析モデル

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 TEL 0836-85-9323

既往の研究<sup>1)</sup>で評価指標  $R$  が最大となった解析ケースについて、 $R$  値とその内訳を表-2に示す。フレームタイプの  $R$  値は2.13、シェルタイプの  $R$  値は2.55であり、シェル

表-2 フレームタイプとシェルタイプの  $R$  値とその内訳

	$R$ 値	$R(N)$	$R(M in)$	$R(M out)$
フレームタイプ	2.13	0.16	1.68	0.29
シェルタイプ	2.55	0.15	2.04	0.36

タイプを基準としたフレームタイプの変化率は、16.5%であった。また、軸力成分 ( $R(N)$ ) は同程度であるが、曲げモーメント成分 ( $R(M in)$  および  $R(M out)$ ) は大きく異なることが明らかとなった。

### 3. 解析結果

部分モデルのフレーム要素の端部に断面力を作用させ、力の作用方向に生じた変位によって、フレームタイプとシェルタイプの剛性を評価する。図-3に部分モデルの解析ケースを示す。解析ケースは、主構面内に曲げモーメントを作用させた2ケース、主構面外に曲げモーメントを作用させた2ケース、軸力を作用させた2ケースの計6ケースを設定した。作用させる力はそれぞれ100kNの集中荷重とした。境界条件については、面内曲げモーメント作用では2点固定および3点固定、面外曲げモーメント作用では3点固定および4点固定、軸力作用では2点固定および3点固定とした。また、固定方法はピン固定とした。なお、3種類の力の作用において、それぞれ2ケースの固定方法で検証する理由は、多くの断面力状態における剛性を確認するためである。

図-4にシェルタイプの変位を1.0とした時のフレームタイプとシェルタイプの変位の換算値を示す。軸力作用の2ケースの変位は、フレームタイプとシェルタイプで同程度であることがわかった。一方、面内および面外曲げモーメント作用の4ケースの変位は、フレームタイプがシェルタイプの約2倍であることがわかった。従って、フレームタイプとシェルタイプの軸剛性は同程度であるが、フレームタイプの曲げ剛性はシェルタイプの50%程度であることが判明した。以上の結果から、リダンダンシー評価値の差の原因は、曲げ剛性の違いであると判断した。リダンダンシー評価精度を高めるためには、格点部の曲げ剛性を適切に表現する解析モデルが必要であると考えられる。

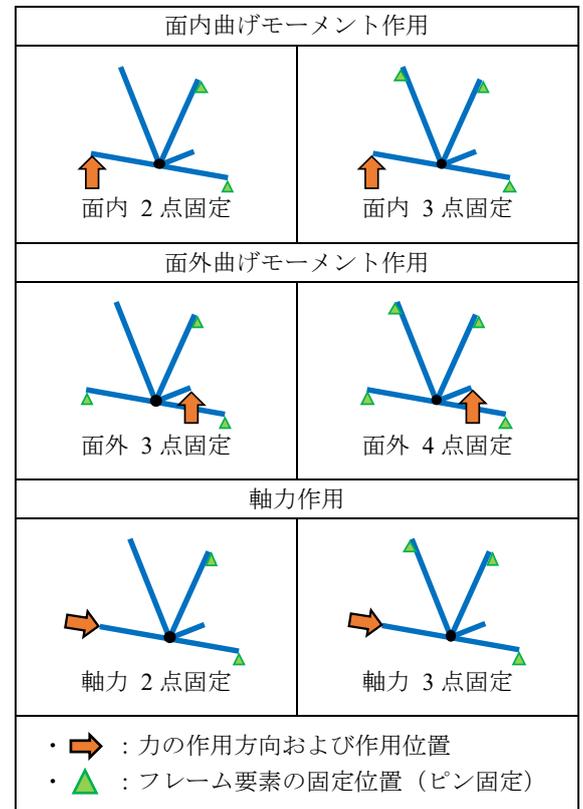


図-3 部分モデルの解析ケース

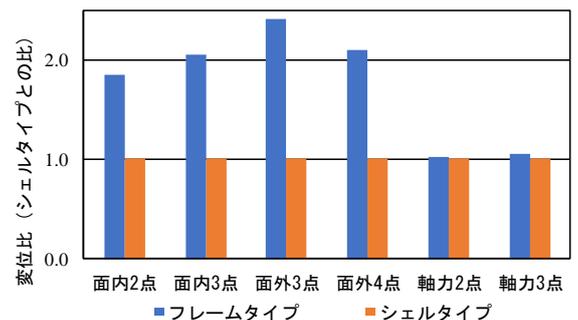


図-4 フレームタイプとシェルタイプの変位比

### 4. まとめ

本研究では、トラス橋のリダンダンシー解析において、格点部のモデル化方法が解析に影響することに着目した。モデル化方法によってリダンダンシー評価値が異なる原因は、格点部の曲げ剛性であることを明らかにした。今後は、トラス橋の格点部において、適切な曲げ剛性を表現できるモデル化方法を検討したい。

### 参考文献

- 岡直幸, 内山知昭, 田島啓司, 麻生稔彦: 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及ぼす影響, 平成29年度土木学会全国大会 第72回年次学術講演会講演概要集, I-036, 2017.
- 永谷秀樹, 明石直光, 松田岳憲, 安田昌宏, 石井博典, 宮森雅之, 小幡康弘, 平山博, 奥井義昭: 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 A, Vol.65 No.2, pp.410-425, 2009.