

# 鋼トラス橋のリダンダンシー評価手法の検討(その3)

(株)宮地鐵工所 正会員 永谷秀樹  
(株)サクラダ 正会員 松田岳憲  
(株)横河ブリッジ 正会員 石井博典  
伊藤忠テクノソリューションズ(株) 小幡泰弘

(株)綜合技術コンサルタント 正会員 明石直光  
伊藤忠テクノソリューションズ(株) 正会員 安田昌宏  
川田工業(株) 正会員 ○宮森雅之  
大日本コンサルタント(株) 正会員 平山 博  
埼玉大学 正会員 奥井義昭

## 1. はじめに

米国ミネソタ州のトラス橋崩落の原因は、トラス格点部のガセットプレートの設計ミスによる板厚不足であった、との報告がある<sup>1)</sup>。米国では鋼トラス橋のリダンダンシー評価は一般的に行われており、崩落した橋梁も評価がなされ、その結果に基づいて補修対策も行われていた。それにもかかわらず、格点部のガセットが弱点となると、構造全体の崩壊を引き起こすことが、はからずも実証された結果になってしまった。わが国においては、トラス橋のリダンダンシー評価が行われたとの報告はなされていない。筆者らは、今回、木曽川橋梁、本荘大橋において発生した部材破断事故を契機に、下路トラス橋、上路トラス橋について米国の手法にならってリダンダンシー評価を実施し、その結果を別途報告しているが<sup>2), 3)</sup>、部材破断時に格点部が終局状態となった場合には、格点部の損傷から全体系へ伝搬するような崩壊が生じて、リダンダンシー解析で得られたような結果とは異なる破壊性状となる可能性もある。

そこで、ミネソタの橋で全体崩落のきっかけとなった格点部ガセットの終局耐力について、別途報告のリダンダンシー解析と合わせて実施したので、その結果について報告する。

## 2. 解析手法

別途報告したリダンダンシー解析では、各部材をFCM (Fracture Critical Member: その部材の破断が橋梁全体の崩壊をもたらす部材) として取り扱う必要があるか、について確認したが、格点部の耐荷力の評価はできていない。そこで、木曽川橋梁の検討において、部材破断時の格点部の安全性を検証するため格点部近傍のみを取りだした3次元弾塑性FEM解析を実施した。

本解析では、図-1に示す斜材が破断した際に断面力が最大となる格点部を解析対象とした。FEM解析では格点部近傍を薄肉シェル要素を用いてモデル化し、弾塑性モデルとしては von Mises の降伏条件、関連流れ則、等方硬化則を用い、降伏応力は  $315\text{N/mm}^2$ 、降伏後の弾性率の2次勾配は初期弾性率の1/100と仮定した。また、本橋のガ

セット部の添接板の板厚は忠実に考慮したが、接合している個々のリベットは考慮せず、リベット接合部において全ての節点が共有されているものとした。また、初期変位、残留応力等の初期不整は考慮しなかった。

境界条件については、図-3示す格点部近傍のみを取り出したモデルにおいて、上弦材の左端を固定し、他の部材の部材端に別報告<sup>2)</sup>のリダンダンシー評価時のフレーム解析結果の断面力を作用させた。フレーム解析の荷重条件は図-1に示す斜材破断時の死活荷重(衝撃なし)状態を考慮した。さらに、実構造物における格点部の結合条件は健全な状態では剛結に近い挙動であるのに対して、図-1の破断部材の破断後に塑性変形が増加するとピン結合へ推移することが予想されるため、斜材の結合条件が(1)ピン結合の場合の断面力、(2)剛結の場合の断面力を用いてそれぞれFEM解析を行い比較した(図-2)。

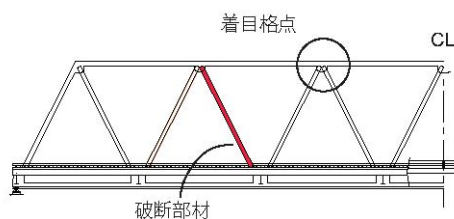


図-1 着目格点

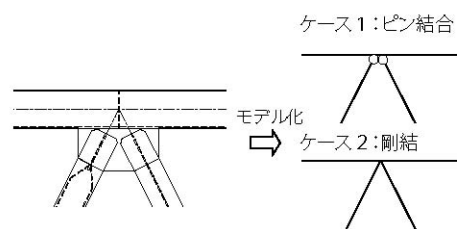


図-2 格点部のモデル化

## 3. 解析結果

解析の結果、格点をピン結合とした場合の von Mises の相当応力を図-3(1)に示す。これによれば、格点部の

keywords: トラス橋 リダンダンシー 冗長性 損傷 格点部ガセット 終局耐力 弾塑性FEM解析

連絡先: 川田工業(株) 橋梁事業部技術本部東京技術部設計課 〒114-8562 東京都北区滝野川1-3-11 TEL: 03-3915-4321

ガセット内部は弾性状態である。また、格点を剛結とした場合の von Mises の相当応力を図-3 (2) に示す。この場合も (1) と同様にガセット内部は弾性状態である。斜材の取付け部 (箱断面のウェブを絞っている箇所) のみ面内曲げにより塑性化しているが、全塑性状態には至っていない。

さらに、格点が剛結とした場合の相当塑性ひずみを図-4 に示す。斜材取り付け部の相当塑性ひずみの最大値は7%以下であり、破断時の終局ひずみには達しておらず、塑性回転変形性能を保持していることが推察される。これらより、実際の部材破断時には図-3 (1) と図-3 (2) の中間の応力性状となることが予想されるため、今回の下路トラスにおけるケーススタディでは格点部はクリティカルとはならず、構造全体の崩壊につながるような損傷は生じないと考えられる。

#### 4. まとめ

以上のことから今回検討を行った木曽川橋梁に関しては、斜材破断時においても格点部が崩壊する状態は生じないものと考えられ、別報告<sup>2)</sup>で行った部材照査に基づくリダンダンシー解析の結果から得られたF CMが部材破断時の評価に有効であることが確認できた。しかしながら、今回の3次元FEM解析のモデル化で省略した添接部のリベットの耐荷力や、回転変形性能の評価を今後実施する必要がある。

さらに、トラス構造のリダンダンシー解析においては継手部や格点部の終局状態も考慮した耐力評価を行う必要があるが、シェル要素を用いた非線形FEM解析を実施しなくても、格点部の耐力や塑性回転性能を評価出来る簡易手法を開発する必要があると考える。

謝辞：本報告は鋼橋技術研究会の特別チームの活動内容をまとめたものである。木曽川橋の図面使用を許諾していただいた国交省中部地方整備局道路部道路管理課の方々、貴重な助言をいただいた当研究会会長の藤野陽三教授、越後滋運営幹事、高田和彦運営幹事にここに謝意を表します。

#### 【参考文献】

- 1) FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION TURNER-FAIRBANK HIGHWAY RESEARCH CENTER REPORT : Adequacy of the U10 & L11 Gusset Plate Designs for the Minnesota Bridge No. 9340 (I-35W over the Mississippi River), INTERIM REPORT, JANUARY 11, 2008
- 2) 石井他：鋼トラス橋のリダンダンシー評価手法の検討 (その1), 第63回年次学術講演会, 土木学会, 2008.9
- 3) 安田他：鋼トラス橋のリダンダンシー評価手法の検討 (その2), 第63回年次学術講演会, 土木学会, 2008.9

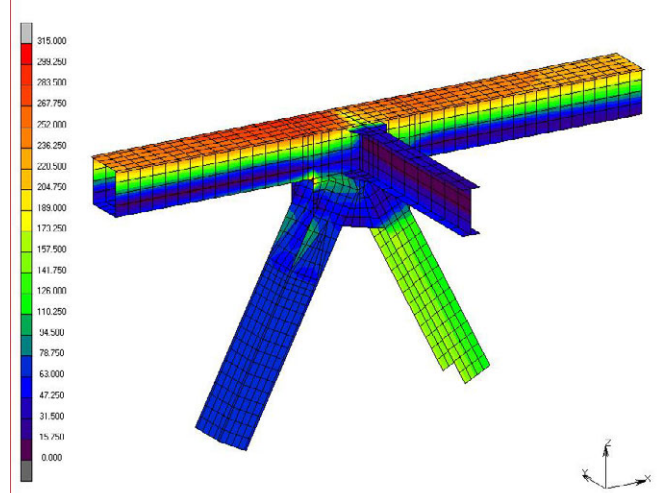


図-3 (1) ピン結合の場合の Von Mises の相当応力

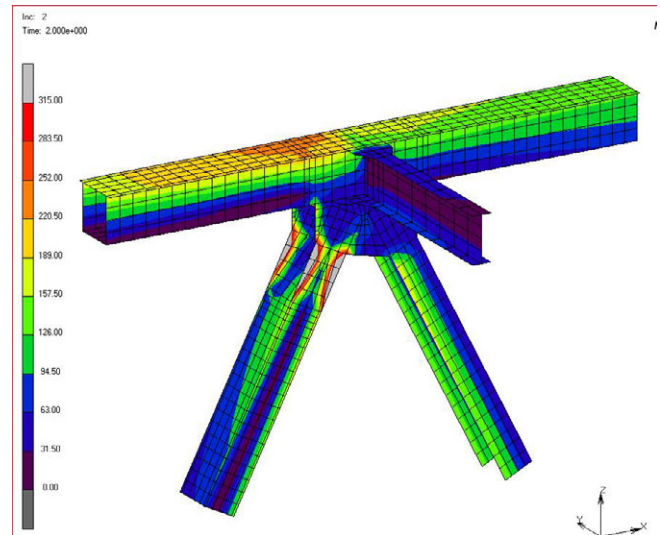


図-3 (2) 剛結の場合の Von Mises の相当応力

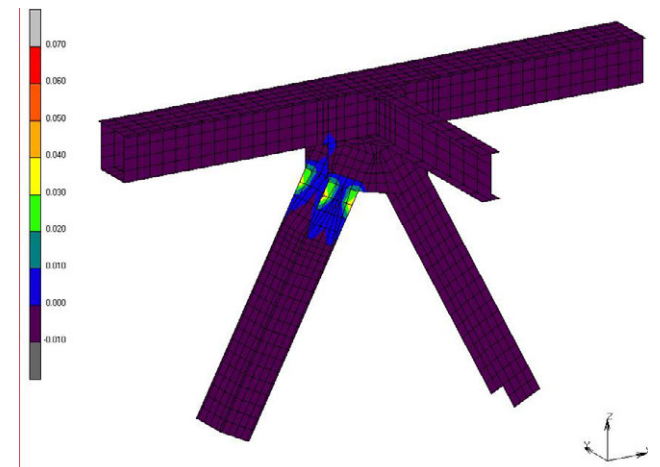


図-4 剛結の場合の相当塑性ひずみ