

鋼トラス橋格点部のモデル化が冗長性に与える影響

東北大学大学院	学生員	福田 健
東北大学大学院	正 員	斉木 功
東北大学大学院	正 員	山田真幸
東北大学大学院	正 員	岩熊哲夫

1. まえがき

近年、米国で鋼トラス橋の落橋事故を契機に国内のトラス橋において斜材破断が発見された。米国のケースと異なり、国内のトラス橋が落橋に至らなかったのは、設計において考慮されていない冗長性が発揮されたためではないかと考えられる。このことから、冗長性の重要性が認識され、その評価のための数値的な研究が行われるようになった¹⁾。それらで用いられる解析モデルでは、微小変形の範囲内では実測とよく一致することから、格点部を剛結としているが、冗長性を評価する際には塑性変形まで考慮する必要がある。そこで本論文では、鋼トラス橋の格点部のモデル化が橋梁全体の冗長性評価にどのような影響を与えるのかを非線形有限要素解析により検討した。

2. 解析対象および解析手法

斜材の破断損傷事例が報告された三重県の本曾川大橋と同規模（全長 70.63 m、幅員 8.6 m、高さ 8.5 m）の単径間鋼下路式ワーレントラス橋を設計し解析対象とした。本解析で用いた 3 次元有限要素モデルは、梁要素と板要素、剛体要素で作成した。斜材断面は、引張りが H 型、圧縮が箱型とした。

従来の研究で用いられているものと同じ格点部を剛結とし、床版以外のすべての部材に梁要素を用いたモデルを骨組モデルと呼ぶ。また、本研究ではトラス格点部の挙動をより精度よく再現したいので、図-1 に示すようにガセットプレートとその近傍の連結部材を板要素によりモデル化したこのモデルを詳細モデルと呼び、図-2 に示す。

数値解析には、汎用有限要素解析ソフト NX NAS-TRAN を用い、幾何学的小および材料非線形性を考慮した。RC 床版はいずれのモデルも弾性体とし、板要素を用いた。鋼材はすべて SM400 を用いた弾塑性体として、von Mises の降伏条件、線形等方硬化則を用いて、初期降伏応力を 235 N/mm^2 、硬化係数を Young 率の 10^{-2} 倍としている。荷重は、道路橋示方書²⁾に準

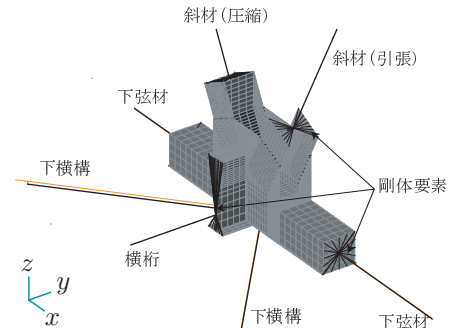


図-1 板要素による格点部のモデル化

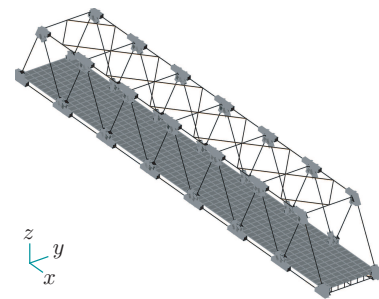


図-2 詳細モデル

じ、死荷重と活荷重を与える。活荷重 (L) は、規定の荷重を床版上に載荷する。本研究では、死荷重は変えず、活荷重 (L) のみ任意倍した。この活荷重 (L) に対する倍率で荷重パラメータ f を定義し、荷重の大きさを $D+fL$ とし、 D を先行して載荷した後、 f をゼロから漸増させた。

3. 全体解析による冗長性評価

(1) 健全時の破壊モード

ここでは p_1 荷重を支点側に寄せた場合で検討する。この時の荷重パラメータ f とモデル中で最大となる点の相当塑性ひずみの関係を図-3 に示す。骨組モデルでは相当塑性ひずみが図-4 に示すように引張斜材で増加し、詳細モデルでは相当塑性ひずみがガセットプレートで増加する結果となった。また $f=4.7$ 時の詳細モデルの相当塑性ひずみ分布図を図-5 に示す。ガセットプレートに連結している引張を受ける斜材と曲げを受ける横桁の間に大きなせん断応力が生じるため塑性化が広い

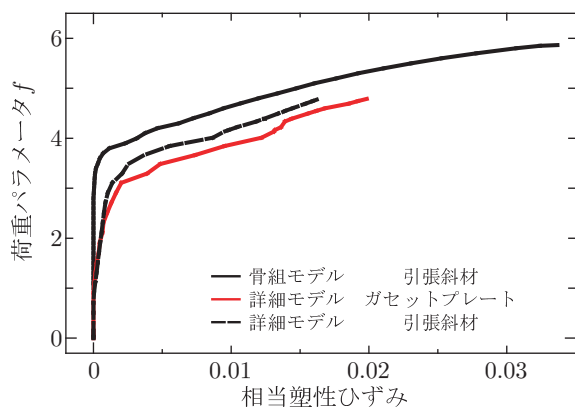


図-3 健全時の荷重 - 相当塑性ひずみ関係

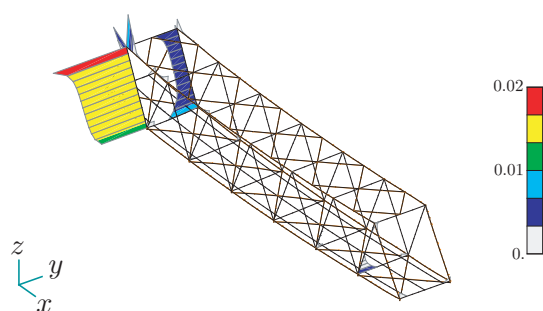


図-4 健全時の骨組モデルの相当塑性ひずみ分布図 ($f=5.4$, 変形 10 倍)

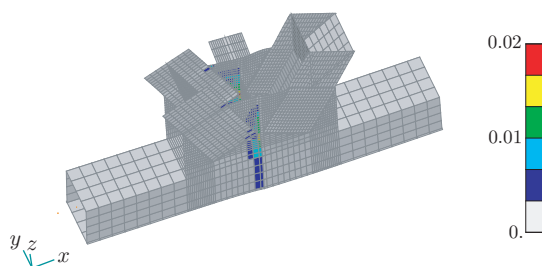


図-5 格点部の相当塑性ひずみ分布図 ($f=4.7$, 変形 10 倍)

範囲で進行した。その一方で、圧縮斜材側では塑性化はしていない。また、図-3 から引張斜材は格点部をモデル化したことで二次応力が増加し、詳細モデルにおいてより塑性化が進行しやすくなると考えられる。

(2) 部材破断時の破壊モード

先に述べた引張斜材が破断したケースで検討する。部材破断は、対象部材をすべて削除した状態から解析を始めた。骨組モデルでは、図-6 に示したように、破断斜材の反対側の引張斜材で相当塑性ひずみが増加し、その部材が破断に至ると考えられる。格点部を剛結としているため、破断した斜材が受け持つ部材力が反対側に伝達したためである。しかし、詳細モデルでは図-7 に示すように上弦材とガセットプレートの連結部で局部座屈が生じており、ガセットプレートを起点とした破壊が生じ

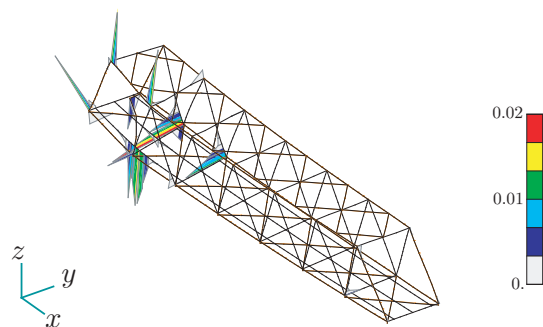


図-6 部材破断時の骨組モデルの相当塑性ひずみ分布図 ($f=1.1$, 変形 10 倍)

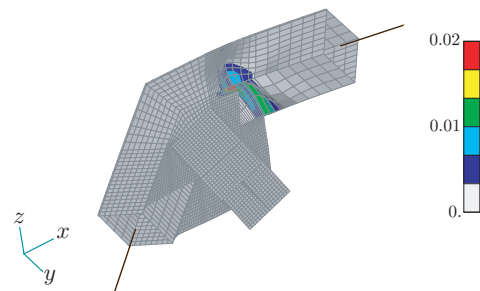


図-7 格点部の相当塑性ひずみ分布図 ($f=1.1$, 変形 10 倍)

ると考えられる。この時、上弦材の軸力は低下しているが、引張斜材がないことで生じる曲げの影響を強く受けるため、上弦材の座屈や、それに伴うガセットプレートの面外変形が大きくなる結果となった。また、圧縮斜材の断面を絞っている箇所でも局部座屈が発生していた。しかし、骨組モデルで相当塑性ひずみが増加した斜材は、詳細モデルではほぼ弾性域内であった。

以上から、部材破断を伴うような極めて変形が大きくなるような場合、骨組モデルと詳細モデルでは異なった崩壊までの過程が得られた。

4. 結論

鋼トラス橋の冗長性を評価する上で、格点部のモデル化が橋梁全体の崩壊シミュレーションに大きな影響を与えることを示した。また、骨組モデルと詳細モデルで、格点部の剛性や荷重の分配が異なり、ガセットプレートでは塑性化が顕著に現れるため、実橋の挙動を再現するためには格点部を詳細にモデル化することが必要であると言える。

参考文献

- 1) 永谷秀樹, 赤石直光, 松田岳憲, 安田昌宏, 石井博典, 宮森雅之, 小幡泰弘, 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.
- 2) 日本道路協会: 道路橋示方書・同解説 I 共通編 II 鋼橋編, 丸善, 2002.