

鋼橋の落下解析*

永藤壽宮*¹・石川賢也*²

Fall Analysis Of the Steel Bridge

NAGATO Toshimiya and ISHIKAWA Kennya

The bridge removal method separates you greatly, and there are two. A method I divide it while the first puts a ground support under the bridge, and hanging it by a crane, and to remove, the second are the fulcrums or, in the neighborhood, cut the lower part of the bridge and are law to remove at a stretch. The latter continues having a good point that I finish cost cheaply predominantly in comparison with the former and has the bad point.

The fall removal was said to have a problem in a safety and scattering thing. Most are based on experience, and this is because it lacked in a dynamics mark and grounds to investigate security analytically.

This study provided data aiming at safe establishment by the fall removal method of the steel bridge.

キーワード：橋梁撤去法, 落下, 安全

1. 緒 言

橋梁は、長期間使用され、構造的、経済的に補修不可能な橋梁は撤去して新橋を建造しなければならない。河川法などで厳しく制限の中にその撤去は寛げなければならない。

橋梁撤去方法は、大きく分けて2つある。1つ目は、橋梁の下に支保工を入れてクレーンでつるしながら分割して撤去する方法、2つ目は、支点かその近くで、橋梁の下部を切断し、一気に撤去する法である。前者に比べて後者は圧倒的にコストが安く済むという長所がある一方、短所も抱えている。

落下撤去は、安全面や飛散物において問題があるといわれてきた。なぜなら多くは、経験に基づくものであり、力学的や解析的に安全を追及する根拠に乏しかったからである。

この研究は、鋼橋の落下撤去法での安全性の確立を目指し、安全性の観点から飛散防止のためのデータの提供を行った。

本研究では、現実のトラスの縮小版を用いその弾

塑性挙動を、弾塑性有限変位解析シュミレーション (Solidworks) を実施している。

2. 解析仮定

2-1 解析仮定

鋼橋解体法の、鋼橋本体を支点で切断し落下させて撤去する方法の構造解析を行い把握しその落下撤去法の妥当性のデータを提供することを目的として、落下解析として鋼橋を垂直に落下させることを想定し解析するものと、弾塑性有限変位解析として

鋼橋の1端を固定しもう1端のみ落下させることを想定し解析すすめるものとする。

解析を行うために一般的な橋のスケールの 1/50 でモデルを作成しました。

また、応力や変位がどの点に集中するか、解体時の対策等を考えるため、単純なトラスのみのものとそこに斜め材を取り付けた2つのモデルで解析を行いました。

図1および図2は、簡易解析用に作った2次元データである。



図1 モデル (断面方向)

*2012年3月6日土木学会中部支部で発表

*1 環境都市工学科教授

*2 双葉鉄道株式会社

原稿受付 2012年5月20日

次に斜め材を取り付けたまま解体を行う場合と取り外して解体を行う場合の両方を想定し解析を行い、比較する。ここでコンクリート床版は撤去時においては、先に解体済みとすることが、通説となっているので、考慮しない。

図3は斜め材なしの場合で図4は斜め材有りの場合でのモデルを示す。

荷重・拘束条件は、図5に示すように、今回の研究では、落下解析では重力のみを载荷し、弾塑性有限変位解析では、風荷重のみを载荷して解析を行なった。

拘束条件は落下解析では、図5に示すように拘束をせずそのまま垂直に落下するように条件を指定し、弾塑性有限変位解析では、一端を固定するため図6のように拘束条件を指定した。

実行した解析の総数と簡易名称を下記に示す。

落下解析

斜め材なし → (A)

斜め材あり → (B)

弾塑性有限変位解析

斜め材なし(垂直落下) → (A-1)

斜め材なし(捻じれながら落下) → (B-1)

斜め材あり(垂直落下) → (A-2)

斜め材あり(捻じれながら落下) → (B-2)

斜め材あり(垂直落下・風荷重あり) → (A-3)

斜め材あり

(捻じれながら落下・風荷重あり) → (B-3)

3. 解析結果

3-1 落下解析

斜め材なしのトラスで(A)で高さ 6.0mから落下した時の応力状態を図7に示す。またその時の変位状態を図8に示す。

同様に斜め材ありのトラスで(B)で高さ 6.0mから落下した時の応力状態を図9に示す。またその時の変位状態を図10に示す。

解析の結果の最大・最少応力は以下のようにになりました。

図では、部分ごとで色が違いがあるが、これは応力や変位の大きさを表示しているもので、赤色に近いほど応力や変位が大きく、青に近い方が小さくなるように表示されている。

応力の結果から応力部材が集まっている各点周りに大きな応力が発生していることがわかる。

また斜め材を取り付けたモデルでは、斜め材中央部にも大きな応力が発生していることが観察できた。

次に変位について、最大・最少変位の結果から、

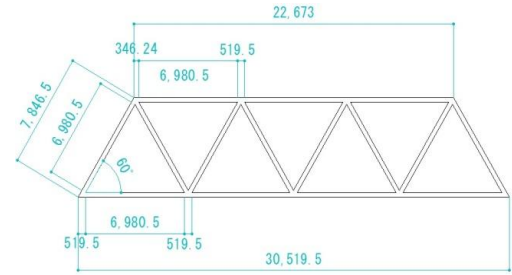


図2 モデル(橋軸方向)

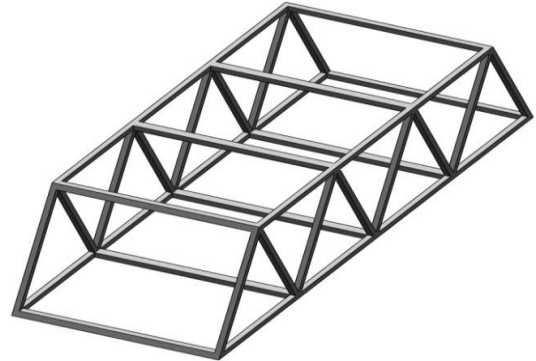


図3 モデル(斜め材なし)

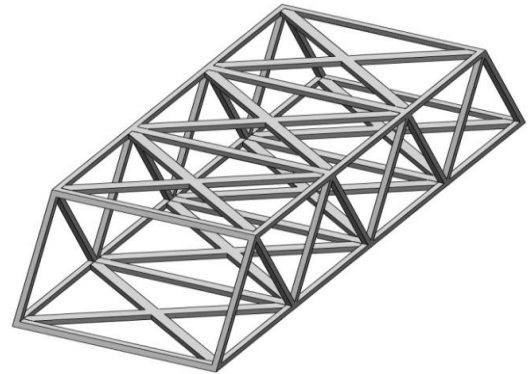


図4 モデル(斜め材有り)

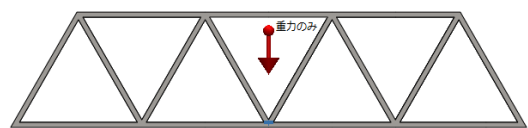


図5 落下解析用自由落下モデル

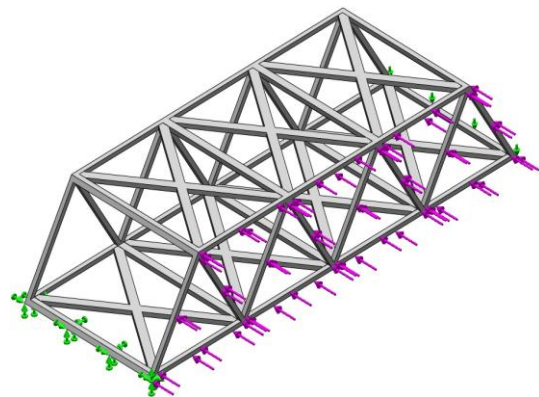


図6 弾塑性有限変位解析用モデル境界条件と風荷重

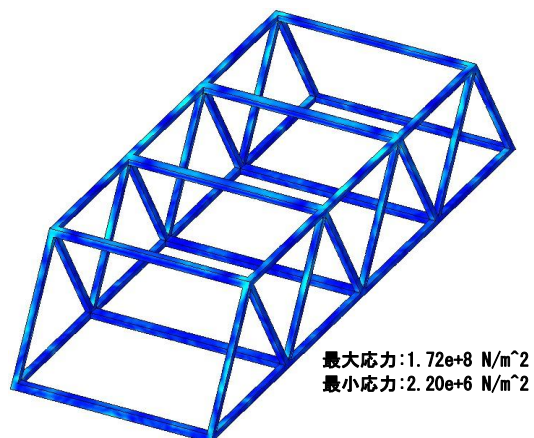


図7 斜め材なし自由落下6m応力図

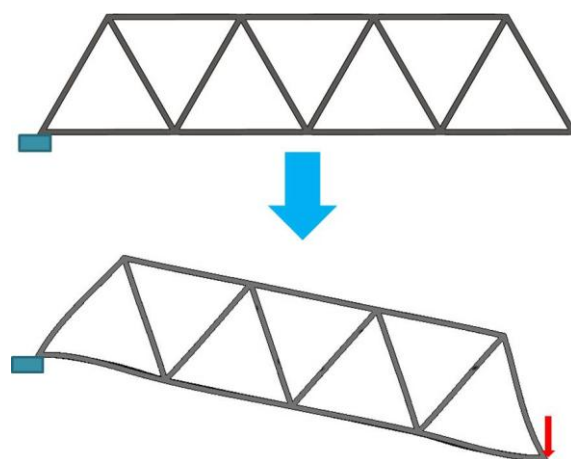


図11 弾塑性有限変位解析強制変位モデル

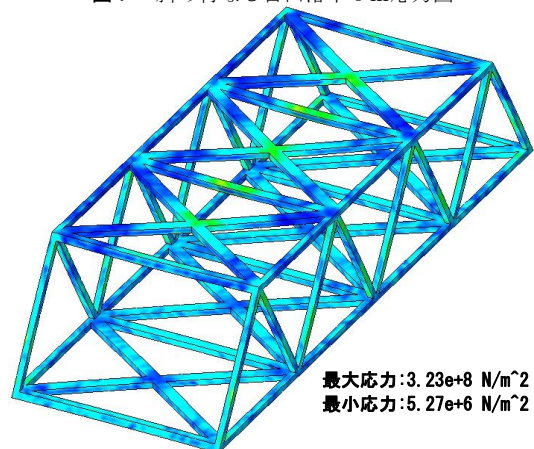


図8 斜め材あり自由落下6m応力図

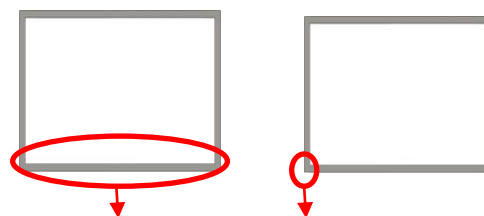


図12 弾塑性有限変位解析強制変位パターン

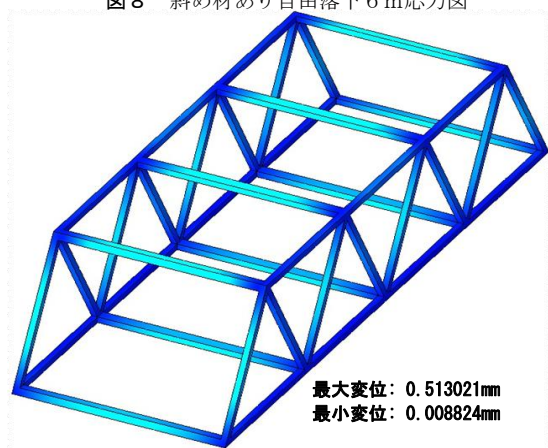


図9 斜め材なし自由落下6mひずみ図

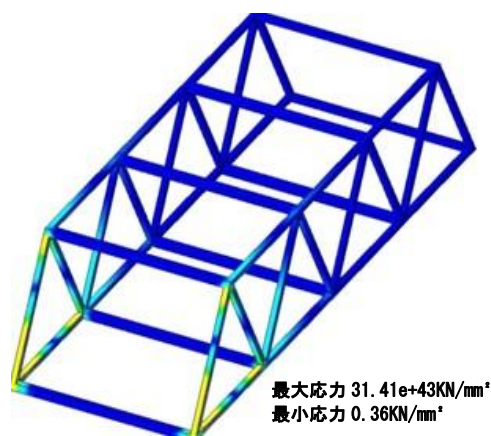


図13 強制変位辺6m応力図(斜め材なしA-1)

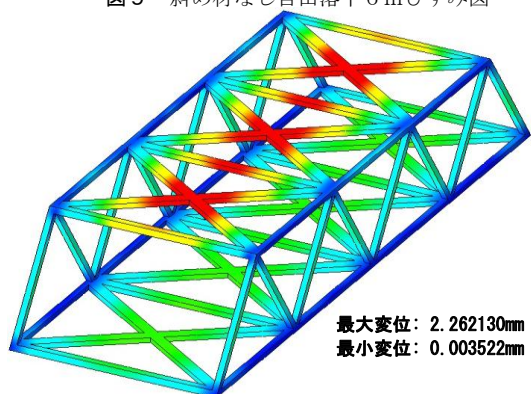


図10 斜め材あり自由落下6mひずみ図

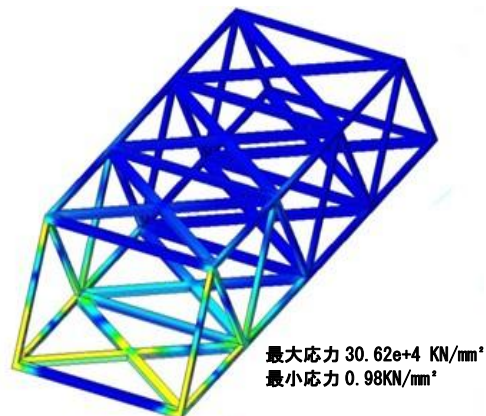


図14 強制変位辺6m応力図(斜め材有りA-2)

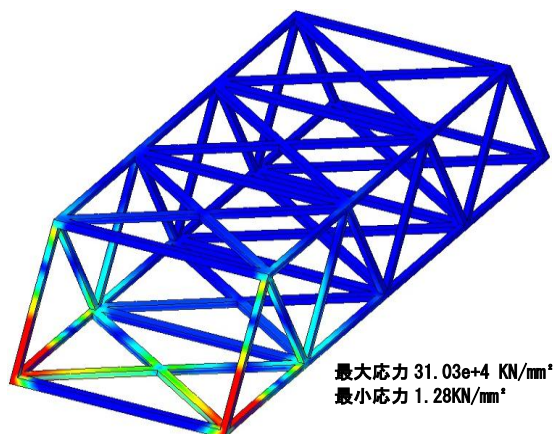


図 15 強制変位辺 1m＋風荷重応力図(斜め材有り A-3)

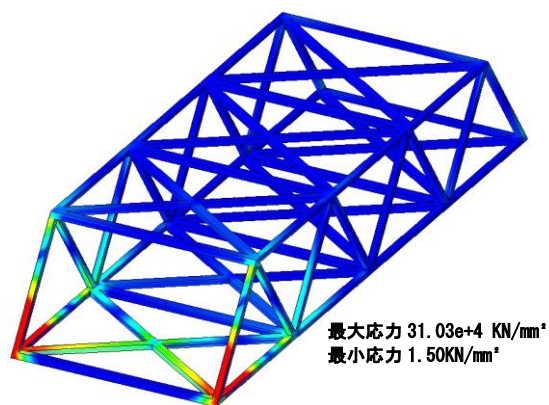


図 19 強制変位点 1m＋風荷重応力図(斜め材有り B-3)

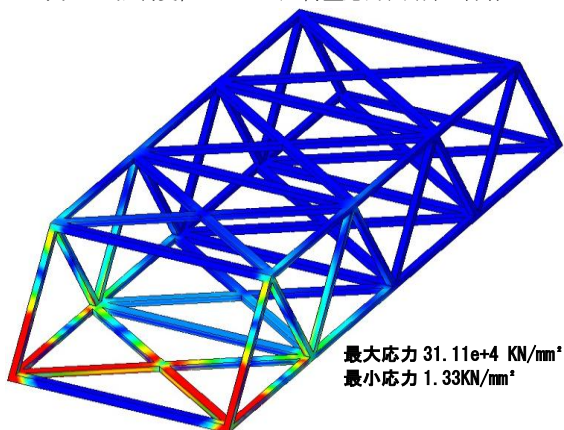


図 16 強制変位辺 2 m＋風荷重応力図(斜め材有り A-3)

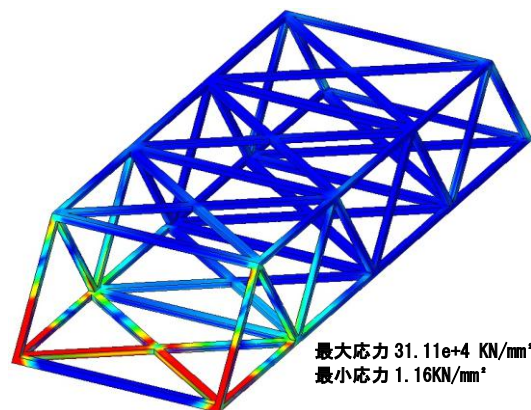


図 20 強制変位点 2 m＋風荷重応力図(斜め材有り B-3)

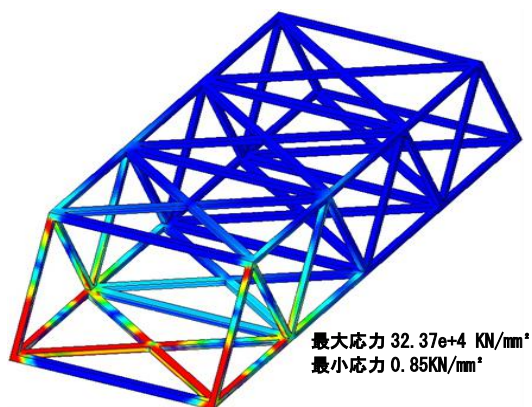


図 17 強制変位辺 4 m＋風荷重応力図(斜め材有り A-3)

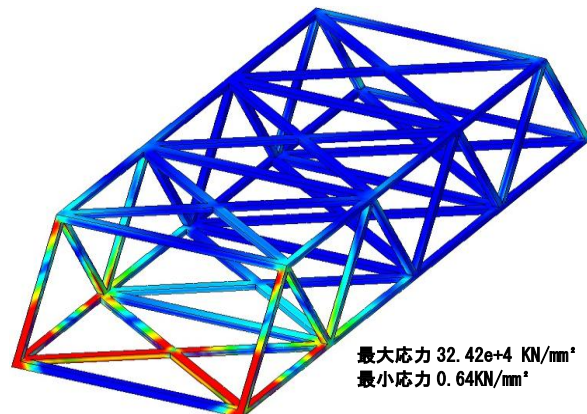


図 21 強制変位点 4 m＋風荷重応力図(斜め材有り B-3)

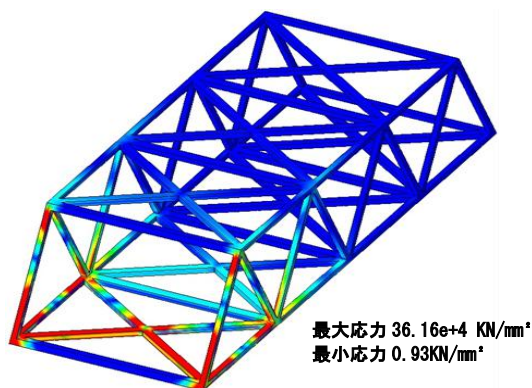


図 18 強制変位辺 6 m＋風荷重応力図(斜め材有り A-3)

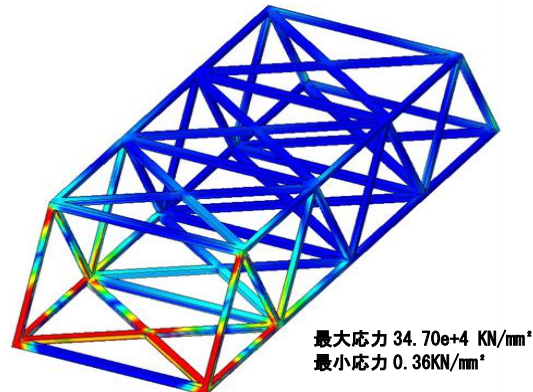


図 22 強制変位点 6 m＋風荷重応力図(斜め材有り B-3)

図 9 および図 10 から前出の応力図と比較しながら観察すると、部材が集中している部分は変形が制限されているので、応力が過大になりそれに引きずられて、上・下弦材横構が変形していることが観察できる。

また、斜め材を取り付けたモデルでは、斜め材が垂直方向に変形することも観察できた。

3-2 弾塑性有限変位解析の結果

図 11 に示すように、端横構の一边を自由端とし他端支承部を固定し、自由端部に強制変位を与えて、応力ひずみなどの分布を観察した。

強制変位を与えるケースとして

- ① 自由端に強制変位を与えるケース
- ② 斜め方向に落下する可能性を考慮して、自由端の節点を捻じれるように強制変位を作用させるケースの 2 つについて解析した。

荷重は、トラスの充実率(トラス外郭面積に対するトラス投影面積の比)から道路橋示方書に示されている風荷重を考慮する場合と考慮しない場合での比較をする。

図 13 に示す斜め材なしの 6 m の強制変位での最大応力に対し、図 14 に示す斜め材有りのモデルに比べると斜め材を取り付けたモデルは 10 倍近い応力が発生していることが観察された。一見矛盾するような事柄だが、自重の増加分が死荷重と曲げモーメントに大きく影響を与えたものと考えられる。

図 15 から図 18 については、斜め材を有するトラスに風荷重を考慮して強制変位を自由端辺に順次与えた時の応力分布の変遷を示す。

図 23 に示すようにすでに強制変位 1 m から大きな応力は発生し、その後は 3 m 前後を境にして増加することが観察された。

図 19 から図 22 については、斜め材を有するトラスに風荷重を考慮して強制変位を自由端の片側 1 点に順次与えた時の応力分布の変遷を示す。

点での強制変位で生じる応力は、辺での強制変位の応力と比較してほとんど変わらないが、6 m の強制変位では応力が小さくなっていることが観察される。

それは捩じれを誘発することとなるが斜め材を有してその剛性が、単純に垂直に強制変位をかけるより、良い影響をもたらしたと考える。

図 14 と図 18 および図 22 から、風荷重を考慮したのを見ると風荷重を含んでいないモデルと比べると 15% ほど応力が大きくなっていることが観察できた。

図 24、図 25 に強制変位 1 m と 6 m での部材破断部を赤く示す。一端を落下させている状態では、赤い部分に古い橋梁についてはリベットなどの飛散に注意

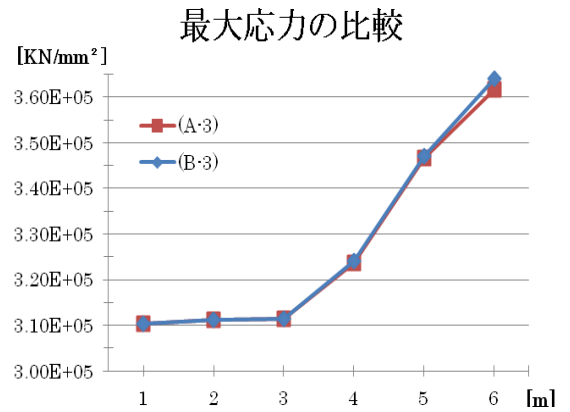


図 23 強制変位と最大応力図

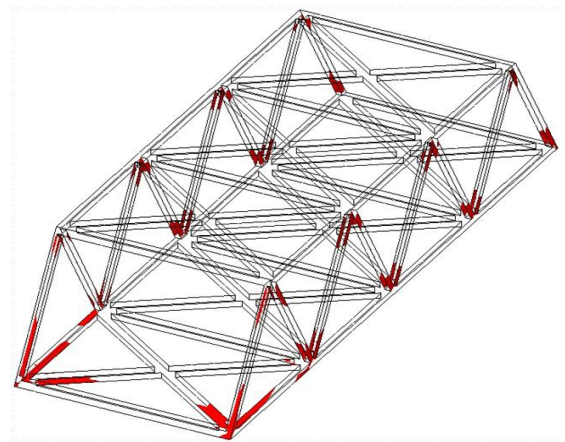


図 24 強制変位 1 m 破断部

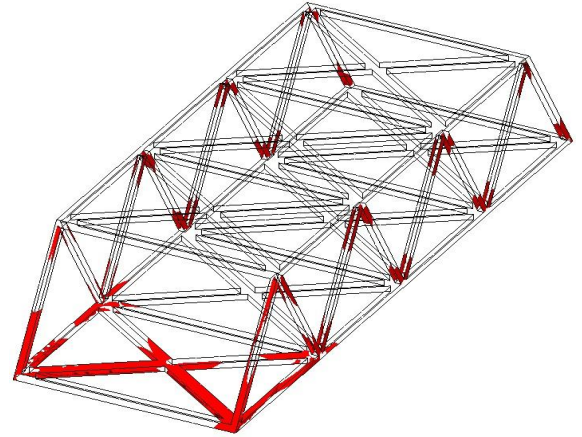


図 25 強制変位 6 m 破断部

が必要となる。

4. 結 論

落下解析の結果、上弦材の横構部に大きな応力や変位が発生し鋼橋に影響を及ぼすことが観察された。また弾塑性有限変位解析では、桁との視点近傍部、トラス格点に大きな応力が発生し部材の降伏応力を

超えてしまい、リベットやボルトの破損につながる可能性があることが観察された。

以上のことから、この解体方法はとても経済面で優れているので、指摘された箇所に飛散防止ネット等の安全対策をとることで有益な解体方法として利用できるようなと考えられる。特に、旧来のトラス橋では弦材や斜材に多くのリベットが使用されているのでより厳重な対策をとる必要があると考えられる。また、解体する鋼橋に近接して道路や構造物がある場合はさらに厳重な防止策を行う必要がある。

さらに、労働安全上、鋼橋から部材を取り外すとき応力開放により大変形を発生させて思わぬ挙動をとる可能性があるので防止策を検討し安全に行う必要がある。

以上の結果から、種々の安全対策を取ることでこの撤去工法は有効であると言える。

参 考 文 献

- 1) 土木学会：座屈設計ガイドライン，改訂第2版，2005