斜材に腐食損傷を有する鋼トラス橋の耐荷性能に関する研究

日本大学工学部土木工学科　学生会員　○小嶋　一世
日本大学工学部土木工学科　学生会員　小野寺　一真
日本大学工学部土木工学科　正会員　笠野　英行

1. はじめに

2007 年アメリカのミネソタ州の I-35W 橋が、ガセットプレートの破断により橋梁全体が崩壊する事故が発生した。一方、国内においても、時期を同じくにして 2 主構単純トラス橋である木曽川橋梁と本荘大橋の斜材が破断する事象が発生したが、崩落に至ることはなかった。そこで、トラス橋の斜材、上弦材、下弦材、端柱の、それぞれの部材が損傷したことによる橋梁全体への影響を調べるため、リダンダンシー解析が各研究機関で行われてきた。[1)-3)]本研究では、木曽川橋梁の斜材が破断した事例を参考に各斜材を損傷させた時の耐荷力解析を行った。また、床版付近の斜材に腐食が生じたことを仮定し、斜材の断面を減少させ、その斜材が破断に至るまでの耐荷性能を調べるための解析を行った。

2. 理論

単径間鋼トラス橋に等分布荷重を載荷させた場合のせん断力図を**図-1** に示す。トラス橋において、斜材は主にせん断力を負荷している。橋梁の端部の斜材が損傷することによる橋梁全体への影響が大きいと考えられる。

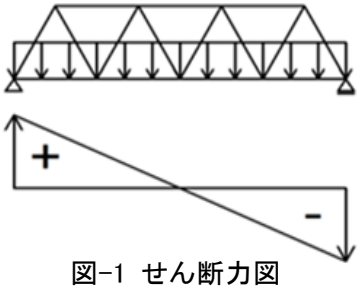


図-1 せん断力図

3. 解析概要

解析は、一般的な単径間鋼トラス橋を対象とした。
支間長は 69.7m、有効幅員は 7.0m、全幅員 9.3m のワーレントラス橋である。本研究では FEM 解析ソフトの DIANA を用いて対象橋梁を梁要素により 3 次元でモデル化した。解析モデルを**図-2** に示す。解析は、材料非線形・幾何学的非線形である。荷重は、自重と道路橋示方書で示す p2 荷重を載荷し、各斜材の損傷時における耐荷力解析を行った。解析方法は**図-2** に示す各斜材を 1 本ずつ破断させ、式(1)の α を段階的に増加させていき解析計算が発散するまでの耐荷力解析を行った。

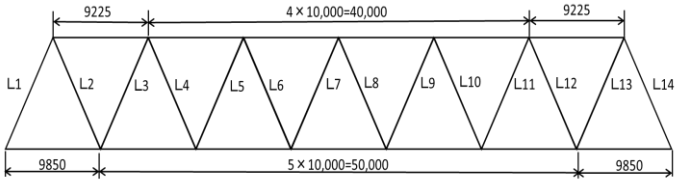


図-2 解析モデル　単位:mm

$$R=D+\alpha L \quad (1)$$

R は全荷重、D は死荷重、α は活荷重倍率、L は活荷重(p2)を示す。

次に L2 斜材を、シェル要素を用いてモデル化した。このモデルを**図-3** に示す。**図-2** に示す斜材L2 のフランジ及びウェブの板厚を 1mm ずつ減肉させ、式(1)の α を段階的に増加させていき斜材 L2 が破断するまで耐荷力解析を行った。

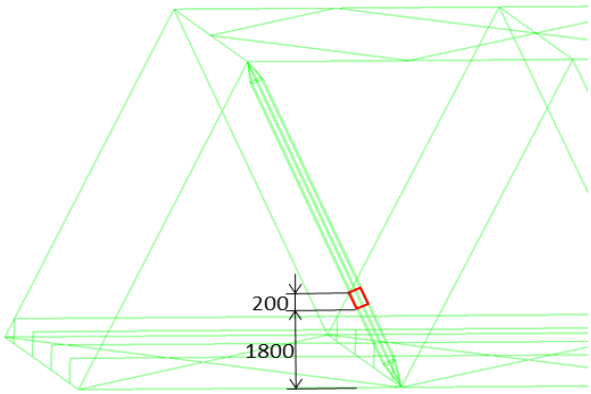


図-3 シェル要素を用いたモデル　単位:mm

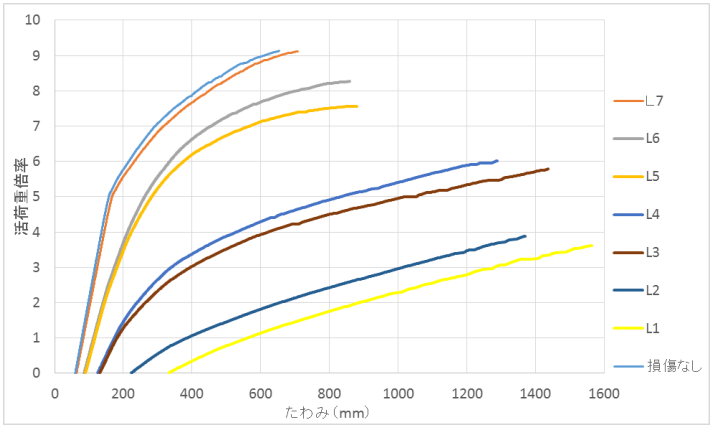
図-3 に赤く示す部分が、腐食を仮定し減肉させた部位である。腐食を仮定した部位は、床版付近と仮定しその長さは木曽川橋梁における斜材の破断の事例を参考に 200mm とした。鋼材はそのひずみが、20%から 30%の間になると破断するといわれ、今回の解析では、20%になった時に破断するものとした。

キーワード　鋼トラス橋　耐荷性能　FEM 解析　斜材　腐食
連絡先　〒963－1165　福島県郡山市田村町徳定下河原 34-1　オリーブハウス 106
TEL　080-2818-2807

今回使用した鋼種 SM400 の降伏応力は 235N/mm²であり、鋼種 SM490 の降伏応力は 355N/mm²である。また、二次勾配は一次勾配の 1/100 となるようにした。腐食を仮定し減肉させた斜材は鋼種 SM400 である。

4. 結果及び考察

各斜材の損傷時における縦桁のたわみと活荷重倍率の関係を示すグラフを**図−4** に示す。橋梁の端部に近い斜材が損傷するほど活荷重倍率が低下している。これにより、橋梁の端部に近い斜材の損傷は橋梁の耐荷性能を大きく低下させると考えられる。



図−4 各斜材を破断させたときの倍率とたわみ

次に、鋼材が一部腐食したと仮定した時のフランジ及びウェブの板厚、減肉させた断面積の割合と活荷重倍率を**表−1** に示す。断面積を 67%まで減肉させるまでの活荷重倍率が 9.13 と変化がなかった。ここで、減肉した割合が 0%と 67%の場合に同じ活荷重倍率時の周辺の主構部材に生じるミーゼス応力を**図−5** に示す。67%減肉させている時の方が L2 斜材周辺の主構部材である上弦材や下弦材、斜材に生じる応力が大きくなっている。これにより、断面を薄くしてもその周辺の部材がかわりに応力を負担しているため終局時の活荷重倍率が変化しないと考えられる。

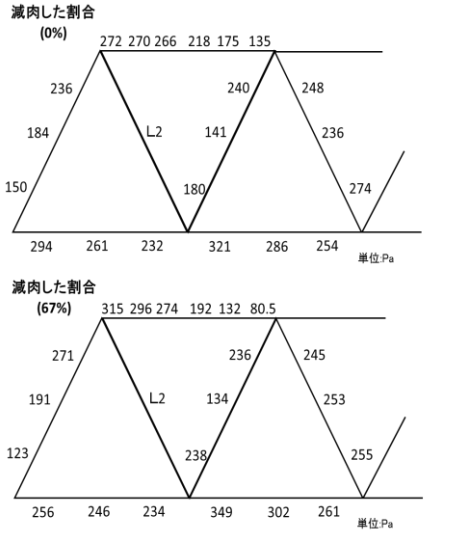
表−1 フランジ・ウェブの板厚、減肉させた断面積の割合と活荷重倍率

フランジの厚さ(㎜)	ウェブの厚さ(㎜)	減少割合(%)	活荷重倍率
27	18	0	9.13
26	17	4	9.13
25	16	8	9.13
24	15	12	9.13
23	14	17	9.13
22	13	21	9.13
21	12	25	9.13
20	11	29	9.13
19	10	33	9.13
18	9	37	9.13
17	8	42	9.13
16	7	46	9.13
15	6	50	9.13
14	5	54	9.13
13	4	58	9.13
12	3	62	9.13
11	2	67	9.13
10	1	71	8.58
9	1	74	7.72
8	1	76	6.84
7	1	79	5.74
6	1	82	4.64
5	1	85	3.59
4	1	87	2.52
3	1	90	1.43
2	1	93	0.27
1	1	96	−0.02

5. まとめ

各斜材の損傷時における耐荷力解析により、橋梁の端部に近い斜材の損傷は橋梁の耐荷力を大きく低下させる。これにより、橋梁端部に近い斜材は橋梁の耐荷力を維持するために重要な部材であるといえる。

L2 斜材の腐食を仮定した断面減少の割合が 0%から 67%まで増加しても活荷重倍率が同じであった。この理由としては、L2 斜材の一部の断面が 67%まで断面減少しても応力の再配分により L2 斜材周辺のトラス主構部材が力を負担するためであると考えられる。



図−5 L2 まわりの部材にかかるミーゼス応力

参考文献

1) 吉岡 勉,原田 政彦,山口 宏樹,伊藤 信(2008):斜材の実損傷による鋼トラス橋の振動特性変化に関する一検討,構造工学論文集,Vol.54A,pp.199-208

2) 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 泰弘,平山 博,奥井 義昭(2009):我国の鋼トラス橋を対象としたリダンダンシ―解析の検討,土木学会論文集 A,Vol.65,No.2,pp.410-425

3) 吉岡 勉,奥井 義昭,岩崎 英治(2014):リダンダンシー評価ガイドラインと今後の展望,第 17 回鋼構造と橋に関するシンポジウム論文報告集,pp.97-104