

長大トラス橋のリダンダンシー確保に向けた基礎的研究

山口大学大学院 正会員○田島啓司

国土交通省中国地方整備局 正会員 岡 直幸

山口大学大学院 正会員 麻生稔彦

1. はじめに

トラス橋は長スパンへの適合性を有するため、離島架橋に利用されることがある。離島架橋は飛来塩分の影響による厳しい腐食環境にさらされるほか、特に海上部での異常の発見が困難であるため、部材損傷の高いリスクを有すると考えられる。また、離島にアクセスする複数の陸上交通経路が整備されていない場合、離島の生活を維持する観点から離島架橋のリダンダンシーの確保は非常に重要と考えられる。

トラス橋は作用曲げモーメントを上下弦材の押し引きの軸力に変換する構造機能によって、使用材料の軽減が図られる橋梁形式である。部材に損傷が生じて三角形のトラス形状が崩れた場合にはこの構造機能が失われるため、軸力に変換されない曲げモーメントがトラス部材や床組みにそのまま作用する。長大トラス橋は弦材の間隔を広く確保できる構造スケールのメリットによって、曲げモーメントを軸力に変換する構造機能が高められているため、部材損傷でこの構造機能が失われた場合の影響が深刻であることが推測される。

本研究では支間長 240m の長大トラス橋を対象として、そのリダンダンシーを明らかにするとともに、リダンダンシーを確保する対策方法について考察する。

表-1 対象橋梁の諸元

形式	3径間連続下曲弦プラットトラス橋
橋長 (m)	456.0
支間長 (m)	107.2 + 240.0 + 107.2
最大構造高 (m)	28.0
主構間隔 (m)	10.0
床版幅員 (m)	9.0
橋格	1等橋(TL-20)
設計基準	道路橋示方書(昭和55年2月)

2. 対象橋梁と解析方法

対象は橋梁橋長 456.0m、最大支間長 240.0m の 3 径間連続のトラス橋である。諸元、側面図および解析モデル図を表-1、図-1 および 図-2 に示す。

トラスの部材をはり要素で、コンクリート床板をシェル要素でモデル化した線形解析で、リダンダンシー解析をおこなった。部材のはり要素は互いに剛に結合した。

作用荷重として死荷重と B 活荷重の 50%¹⁾を考慮した。活荷重は、損傷を仮定する部材の作用軸力が最大となる範囲に载荷した。損傷を仮定する部材の作用軸力が引張力の場合には、部材破断で生じる振動の影響（衝撃係数 $i=1.854$ ）を考慮²⁾した。

損傷を仮定する部材は、片側主構面の起点から中央に配置された主構部材（上下弦材、斜材、鉛直材）の計 82 本（全主構部材の約 1/4）とし、これらを 1 本ずつ損傷させた 82 ケースを解析した。

3. 部材の照査方法

既往の研究¹⁾を参照し、式(1)、(2)により算定される指標 R により主構部材の照査をおこなった。指標 R は部材に作用する軸力と曲げモーメントに関する断面力と耐荷力の比の和で求められる。部材に作用する軸力が引張の場合は式(1)、圧縮の場合は式(2)を用いる。指標 R が 1.00 を超える場合はその部材が損傷すると判定する。全部材の指標 R が 1.00 以内となれば、トラス橋がリダンダンシー有するものと判断される。

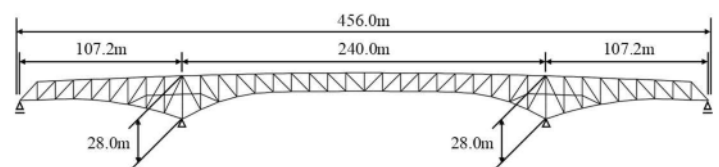


図-1 対象橋梁の側面図

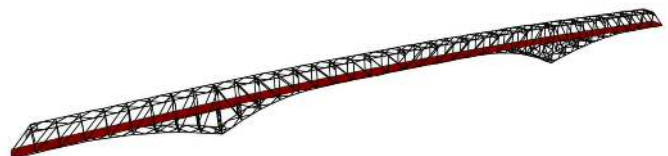


図-2 対象橋梁のモデル図

キーワード リダンダンシー解析, トラス橋, 長大橋, 離島架橋

連絡先 〒755-8611 山口県宇部市常盤台 2-26-1 山口大学大学院創成科学研究科 TEL 0836-85-9328

$$R = \frac{N}{N_P} + \frac{M_{IN}}{M_{P-IN}} + \frac{M_{OUT}}{M_{P-OUT}} \quad (1)$$

$$R = \frac{N}{N_U} + \frac{1}{1 - \frac{N}{0.8N_{E-IN}}} \frac{M_{IN}}{M_{P-IN}} + \frac{1}{1 - \frac{N}{0.8N_{E-OUT}}} \frac{M_{OUT}}{M_{P-OUT}} \quad (2)$$

ここに、 N ：作用軸力、 N_P ：全塑性軸力、 M ：作用曲げモーメント、 M_Y ：全塑性曲げモーメント、 N_U ：道路橋示方書に基づき座屈を考慮した終局圧縮強度、 N_E ：オイラー座屈強度、IN：面内成分、OUT：面外成分

4. 解析結果

解析結果について、(1)その部材が損傷した場合に、他の部材を損傷に至らせる「連鎖損傷の引き金の部材」であるか、(2)他の部材が損傷した場合に損傷に至ってしまう「冗長性のない部材」であるか、2つの観点で整理した。

(1)連鎖損傷の引き金の部材

図-3は、各部材上にその部材を損傷させた解析における他部材の指標 R の最大値を示したものである。この数値が1.00を超える部材は、損傷した場合に他の部材を損傷に至らせる「連鎖損傷の引き金の部材」であり、主構82部材のうち約70%の57部材（白抜文字の箇所）が該当した。これら57部材への対策として、代替で荷重を支持するフェールセーフ装置を備えるような、引き金の損傷を阻止する方法が考えられる。

(2)冗長性のない部材

図-4は、各部材上に他部材を損傷させた82ケースの解析に対するその部材の指標 R の最大値を示したものである。この数値が1.00を超える部材は、他の部材が損傷した場合に損傷に至ってしまう「冗長性のない部材」であり、主構82部材のうち約85%の69部材（白抜文字の箇所）が該当した。これら69部材への対策として、断面を補強するような耐荷力の冗長性を持たせる方法が考えられる。

5. まとめ ～リダンダンシーを確保する対策方法についての考察

解析結果より、引き金の損傷を阻止する対策、耐荷力の冗長性を持たせる対策とも、その対象範囲が主構部材の広範囲におよぶことが明らかになった。いずれの対策が有利であるかの判断には、具体的な検討が必要となるが、2つの対策の組み合わせについて最適化を検討することで、対策工事の軽減が図れる可能性がある。また異なるアプローチとして、図-5のようにトラス橋の死荷重をケーブル構造に分担させて、作用断面力の低下を図る対策も考えられる。

謝辞 本研究は一般社団法人中国建設弘済会から助成を受け実施した研究である。ここに記して感謝します。

参考文献

- 1) 山沢哲也, 森山佳樹, 由井幸司, 奥井義昭: リダンダンシー評価における活荷重レベル, 第17回鋼構造と橋に関するシンポジウム論文報告集, pp.89-94, 2014
- 2) 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



図-3 指標 R の最大値 その1（連鎖損傷の引き金になる部材）

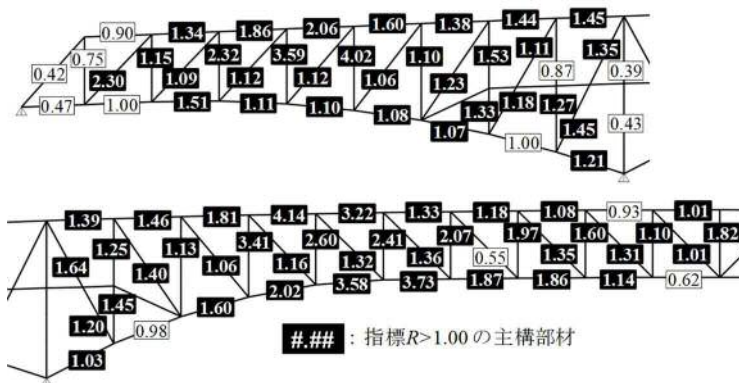


図-4 指標 R の最大値 その2（連鎖的に損傷する部材）

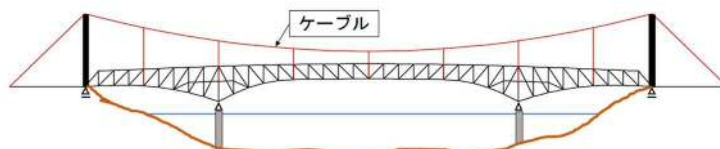


図-5 トラス橋の死荷重をケーブル構造に分担する対策案