

ポニートラス橋の冗長性に関する検討

山口大学大学院 学生会員 ○井上 龍一
山口大学大学院 正会員 麻生 稔彦

1. 目的

2007年の米国 I-35W 橋の落橋事故を契機として、構造冗長性が重要視されるようになった。既往の研究では、主にワーレントラス橋やプラットトラス橋が対象とされており、ポニートラス橋が対象とされた研究はほとんどない。しかし、上方が解放されたポニートラス橋と他形式のトラス橋とでは、部材損傷後の応力再配分の過程が異なると予想される。そこで本研究では、ポニートラス橋を対象に冗長性解析を行い、当該部材の損傷が橋梁を使用限界状態に至らしめる部材と使用限界状態になるまでの損傷範囲の拡大過程を明らかにする。この結果を整理して多様な崩壊過程を分類することで、格部材が橋梁全体の安全性に与える影響を評価する。

2. 解析概要

本研究では、着目部材損傷後のたわみから健全状態のたわみを引いた値 δ_v が道路橋示方書に記載された許容値(0.05 m)以上になった場合、対象

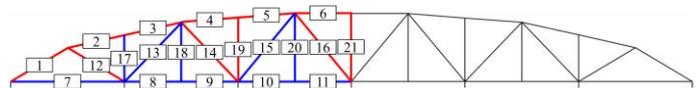


図-1 対象橋梁の側面図

橋梁が使用限界状態であると判断する。一方、着目部材損傷後のたわみが許容値未満であった場合には、冗長性解析によって次に損傷する可能性のある部材(損傷度 R^D が1.00以上になる部材、複数本ある場合は損傷度 R が最大となる部材)を特定し、その部材を新たに損傷させ、再び橋梁が使用限界状態であるかを判断する。ここで損傷度 R とは、軸力と2軸曲げが作用する場合の相関強度式である。この過程を対象橋梁が使用限界状態になるまで繰り返し行う。ただし、ある部材の損傷後、損傷度 R が1.00以上になる部材がない場合には、対象橋梁が使用限界状態になることはない判断し、解析を終了する。

対象とする橋梁は、支間長29m、主構間隔5.18mのポニートラス橋とする。図-1に対象橋梁の側面図を示す。解析では、鋼部材をはり要素、コンクリート床版をシェル要素でモデル化し、部材と部材は剛に結合する。解析には構造解析ソフトSAP2000を用いて、線形冗長性解析を実施する。荷重は死荷重、A活荷重、部材損傷による荷重を考慮する。ここで、損傷想定部材の軸力が引張の場合、部材損傷による荷重に衝撃係数1.854を乗じて、部材損傷時の衝撃の影響を考慮する。

対象橋梁は橋軸方向において支間中央で対称な構造になっており、2つの主構面も対称な構造になっているため、図-1に示す21部材の損傷を想定する。なお、図-1中の青色の部材が引張部材、赤色の部材が圧縮部材である。損傷想定部材を部材1とする解析をCase 1と呼び、Case 1~21の合計21ケースの解析を行う。

3. 解析結果

Case 1では、部材1が損傷しただけで対象橋梁が使用限界状態になる($\delta_v = 0.09$ m)。図-2に部材1損傷後の側面図を示す。図-2に示す通り、部材1の格点部(赤色の格点部)が最も変位した。Case 1のように、当該部材が1本損傷しただけで対象橋梁が使用限界状態になるものをパターンAとする。パターンAに分類される部材は、当該部材が1本損傷しただけで対象橋梁が使用限界状態になる可能性があるため、橋梁の安全性に大きく寄与する。また、図-3に部材1損傷後の断面図を示す。図-3に示す通り、面外方向に最大で0.03m変位した。パターンAに分類される部材が損傷した場合、横倒れする可能性がある。

Case 12では、部材12が損傷しただけでは対象橋梁は使用限界状態にならない($\delta_v = 0.01$ m)が、部材17の損傷度 R が1.00以上になる。そのため、部材17を新たに損傷させた解析モデルで冗長性解析を続けた。部材を2本損傷させた時も対象橋梁は使用限界状態にならなかった($\delta_v = 0.02$ m)ため、同様の過程を繰り返

キーワード 鋼トラス橋, 冗長性, 維持管理

連絡先 〒755-8611 山口県宇部市常盤台2-16-1 山口大学工学部社会建設工学科 TEL 0836-85-9323

した結果、Case 12 では4本の部材が損傷した時に対象橋梁が使用限界状態になる ($\delta_v = 0.07\text{ m}$)。なお、3本目は部材14を、4本目は部材7を損傷させた。図-4に使用限界状態になった時の側面図を示す。図-4に示す通り、部材14の近傍の、縦桁と横桁の結合部分(赤色の格点部)が最も変位した。Case 12のように、複数の部材が損傷した時に対象橋梁が使用限界状態になるものをパターンBとする。パターンBに分類される部材は、当該部材の損傷が応力再配分により他部材の損傷を誘起することで対象橋梁が使用限界状態になる可能性があるため、橋梁の安全性に大きく寄与する。また、図-5に使用限界状態になった時の断面図を示す。図-5に示す通り、面外方向に最大で0.02m変位した。

Case 7では部材7が損傷しただけでは対象橋梁は使用限界状態にならない ($\delta_v = 0.00\text{ m}$)。さらに、損傷度Rが1.00以上になる部材もないため、部材7が損傷しても対象橋梁が使用限界状態になることはないと判断し、解析を終了した。Case 7のように、当該部材が損傷しても対象橋梁が使用限界状態にならないものをパターンCに分類する。パターンCに分類される部材は、当該部材が損傷しても対象橋梁が使用限界状態になる可能性が低く、パターンCに分類される部材の損傷が橋梁の安全性に与える影響は小さい。

本研究では、パターンAからパターンCの3通りの崩壊過程があることを明らかにした。表-1に各部材のパターン別の分類結果と橋軸直角水平方向(面外方向)の変位 δ_H を示す。

4. 考察

パターンCに分類される部材は、当該部材が損傷しても直ちに対象橋梁が使用限界状態になる可能性が低い。これは、各部材の負担していた断面力が床組みおよび下横構を介して伝達され、部材損傷させていない方の主構も負担しているためであると考えられる。一方で、ポニー・トラス橋は他形式のトラス橋とは異なり上横構および上支材がない。パターンAに分類される部材が損傷した場合に鉛直方向の変位 δ_v や橋軸直角水平方向の変位 δ_H が大きくなるのは、各部材の負担していた断面力を部材損傷させていない方の主構に伝達する部材がないことが一因である。

5. まとめ

本研究で対象とした橋梁では、上弦材の損傷が橋梁の安全性に大きく寄与することを明らかにした。

参考文献

- 1) 岩崎英治, 線形解析によるトラス橋のリダンダンシー評価に関するケーススタディ, 第17回鋼構造と橋に関するシンポジウム論文報告集, pp.21-32, 2014.

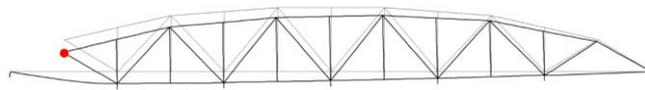


図-2 側面図 (Case 1)

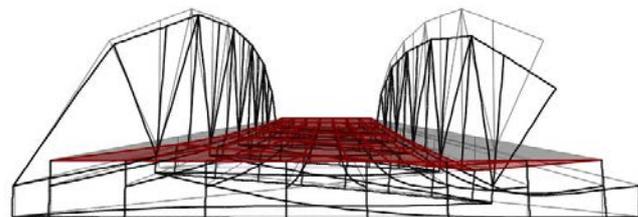


図-3 断面図 (Case 1)

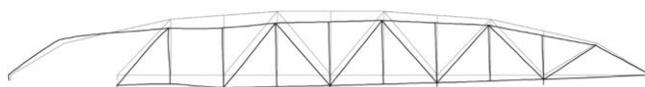


図-4 側面図 (Case 12)

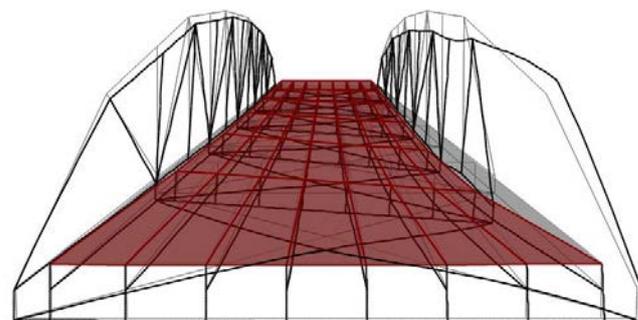


図-5 断面図 (Case 12)

表-1 各部材のパターン別分類

	部材名	δ_v (m)	δ_H (m)	部材名	δ_v (m)	δ_H (m)
パターンA	1	0.09	0.03	4	0.13	0.05
	2	0.07	0.03	5	0.13	0.05
	3	0.07	0.02	6	0.15	0.06
パターンB	12	0.07	0.02			
パターンC	7	0.00	0.00	15	0.00	0.00
	8	0.01	0.00	16	0.00	0.00
	9	0.00	0.00	17	0.00	0.00
	10	0.01	0.00	18	0.00	0.00
	11	0.01	0.00	19	0.00	0.00
	13	0.00	0.00	20	0.00	0.00
	14	0.00	0.00	21	0.00	0.00