

保有水平耐力法を用いた上下路式鋼トラス橋の地震時の部材軸力と基準強度の関係性

○摂南大学大学院 学生会員 杉本 雅弥 摂南大学 正会員 田中 賢太郎
 神戸大学大学院 正会員 橋本 国太郎 摂南大学 正会員 頭井 洋

1. 背景

ミネアポリスのトラス橋落橋事故や秋田県本庄大橋・三重県木曾川大橋の斜材破断などの事故は橋梁関係者にとり衝撃的と言える出来事であった。いずれも供用開始後、約40年経過した鋼トラス橋での事故であり、年々高齢化している土木構造物の中でもトラス橋の維持管理は課題である。2019年時点では、日本全国の橋梁数は約72万橋であり建設後50年を超えた橋梁(2m以上)の割合は、27%(約71000橋)であるが、10年後には50%以上に増加していくと予想されている。また地方公共団体が管理している橋長15m以上の橋梁では(2018年現在)、通行止めが256橋、通行規制中が2645橋ある。これらの橋梁は早急に対策をして補強・補修を行わなければならない。年々橋梁が補修中心となる中で限られた予算以内で維持管理を行うためには、橋梁の補修に優先順位をつけるため橋梁の安全性を評価できる指標の開発が急務である。^{1,2)} 本研究では橋梁安全性の評価の一環として、斜材の一部が損傷した上路式と下路式のトラス橋の地震時における部材の安全性について検討する。

2. 検討内容

本研究では汎用FEM解析ソフト「ANSYS2021」を用いて橋軸直角方向について保有水平耐力法により地震時のトラス橋の安全性を検討する。なお、保有水平耐力法は橋脚に対して行う解析法であるが、本研究では保有水平耐力法をトラス橋に応用している。橋梁モデルは、図-1及び図-2に示す下路式(H14年道示で設計)及び上路式(H8年道示で設計)のワーレントラス橋(鋼材SM490)を対象とする。部材名は例えば、節点2と節点9とを結んでいる斜材を斜材2-9と呼称することにする。保有水平耐力法では、鉛直方向に重力加速度(9800mm/s²)を作用させて自重を考慮し、橋軸直角方向加速度を水平震度換算で0.01ずつ上昇させていき、最大保有水平耐力(解が収束しなくなる震度)を求めている。

表-1 各鋼トラス橋の諸元

	下路式	上路式
径間長(m)	59.949	83.582
高さ(m)	8.000	8.000
幅員(m)	11.600	10.700
全重量(ton)	831.8	355.74

まず、健全モデルについて水平震度の増大とともにトラス主構の軸力変化を計算して、各部材の各部材の安全性(基準強度との比)が低下していく傾向を調べる。部材基準強度は引張材では降伏軸力、圧縮材では圧縮基準強度を用いている。そして、斜材のいずれかが破断したモデルと比較することによって、どの斜材の損傷が鋼トラス橋全体の安全性に対してどのような影響を与えるのかを調べる。

3. 解析モデルの概要

下路式及び上路式のワーレントラス橋のモデルを図-1及び図-2に示すように下路式鋼トラス橋は1径間59.95m、上路式鋼トラス橋は1径間83.5mを対象としている。両解析モデルとも左支点をヒンジ支点、支点をローラー支点としている。両解析モデル死荷重は上路式鋼トラス橋831.80ton、下路式鋼トラス橋が355.74tonである。活荷重は今回、考慮していない。

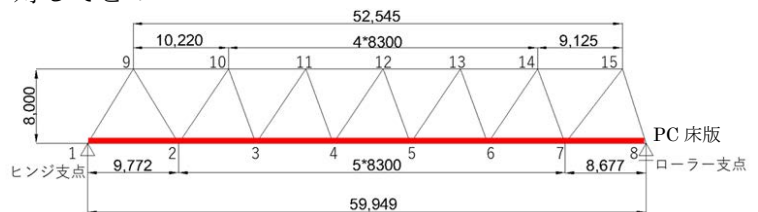


図-1 下路式鋼トラス橋の概要

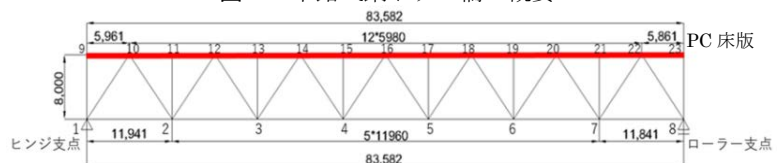


図-2 上路式鋼トラス橋の概要

キーワード 上路式鋼トラス橋, 下路式鋼トラス橋, 保有水平耐力法, 部材軸力, 部材基準強度

連絡先 〒572-8508 大阪府寝屋川市池田中町17-8 摂南大学大学院 社会開発工学専攻 TEL072-839-9117

4. 結果

図-3 は健全モデルの上路式鋼トラス橋の、図-4 は下路式鋼トラス橋の最大保有水平耐力時に上弦材・下弦材・斜材(引張・圧縮材各1本)で安全率が最低値となる部材の安全率の推移を示している。橋軸直角方向の最大保有水平耐力は、上路式鋼トラス橋が水平震度換算で1.59, 下路式鋼トラス橋が2.10となった。上路式では、レベルII地震動に対する安全性は十分でない可能性がある。上路式, 下路式ともに下弦材の安全倍率が一番低くなっている。上路式では下弦材以外にも、安全倍率2前後の部材があるのに対して、下路式では下弦材以外は安全倍率に余裕があり、レベルII地震動でも損傷が生じる可能性は小さいと考えられる。また、上路式では、下弦材・上弦材・斜材ともに、水平震度を増加させることによって安全率が低下していているのに対して、下路式では、上弦材・斜材と比較して下弦材の安全率低下が大きいことがわかる。

図-5 および図-6 で、斜材のいずれかが1本破断したとき、上路式・下路式鋼トラス橋の保有水平耐力の減少の程度を健全モデルと比較した。図-5によると、上路式では、健全時には水平震度換算1.59の最大保有水平耐力であったが、経年劣化で斜材のいずれか1本が破断したと仮定すると水平震度換算1.5~1.4程度に低下している。一方で図-6の下路式では端部斜材破断時には保有水平耐力が大きく低下しているが、中央斜材の破断時には変化が少ない。図-7に示す下弦材4-5の各ケースの橋軸直角方向加速度が水平震度2.0を軸力を比較すると、端部斜材破断を想定したケースでは中央下弦材4-5の軸力は健全時より大きく、端部斜材が破断すると中央下弦材の耐力低下が大きくなり橋全体の安全率が低下する要因になったと推定される。

5. 考察

保有水平耐力法による安全性の検討によると、H8道示で設計された上路式トラスでは、レベルII地震動に対する安全性は十分でない可能性があると考えられる。また、両モデルともに下弦材の安全率は、斜材・上弦材と比較してより小さくなり保有水平耐力は下弦材の耐力低下の影響が大きいと考えられる。上路式では斜材破断による橋全体の安全性に対する影響は大きく、下路式で中央斜材の破断の影響は比較的小さいが端部斜材の破断の影響は大きい。今後は、今回使用した上路式・下路式鋼トラス橋のモデルに対してレベルII地震動の標準波を入力する非線形地震応答解析を実施して、保有水平耐力法の結果と比較していく予定である。

参考文献

- 参考文献：1) 老朽化の現状・老朽化対策の課題(国土交通省 <https://www.mlit.go.jp/road/sisaku/yobohozen/torikumi.pdf>)
2) 梶田幸秀, 大塚久哲, 坂口和弘: 損傷を有する下路式鋼製トラス橋の耐震性に関する基礎的検討, 土木学会論文集, 65巻, 317-324ページ

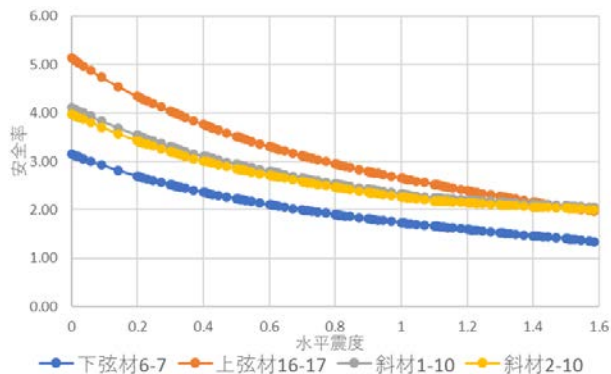


図-3 健全モデル-上路式鋼トラス橋の安全率推移

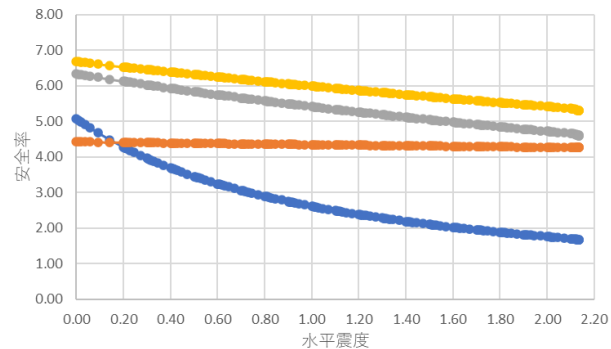


図-4 健全モデル-下路式鋼トラス橋の安全率推移

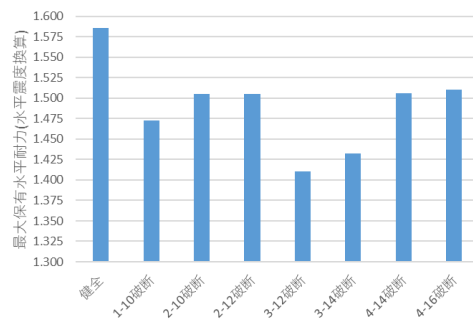


図-5 上路式-最大保有水平耐力

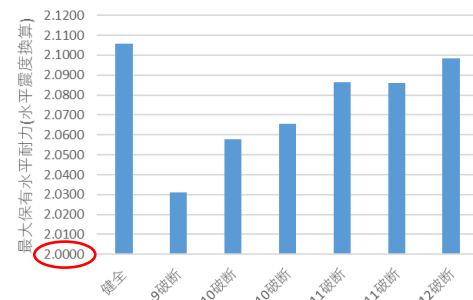


図-6 下路式-最大保有水平耐力

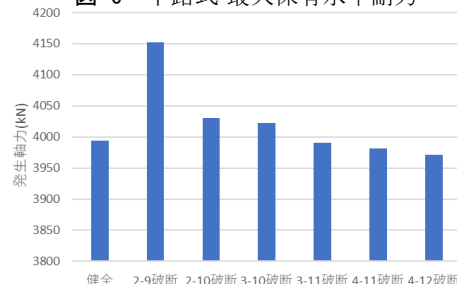


図-7 下路式-下弦材4-5の発生軸力

橋軸直角方向-水平震度2.0