

トラス橋における地盤変動時の挙動に関する基礎的検討

東北学院大学 学生会員 ○松井友希 東北学院大学 正会員 千田 知弘
西日本高道路株式会社 正会員 崔 準祐 (株)耐震研究所開発センター 正会員 馬越 一也

1. はじめに

2016年4月に発生した熊本地震においては、地盤変動によるアバットの滑動によって、橋梁の被害をより増大させたことが報告されている。H29道示においては、地盤変動を考慮した設計が必要であることを示している一方で、どのように評価していくかは工学的に確立されていないとも記している。よって、今後、アバットの滑動を考慮した設計を道示に適切に反映していくためには、多くのシミュレートや実験を行い、データを蓄積していく必要がある。そこで本研究では、トラス橋を対象とし、支承が滑動した場合、どのような挙動を生じるのかをFEM解析を用いてシミュレートした結果を報告する。

2. 解析モデルおよび解析手法

解析対象としたトラス橋の正面図と側面図を図-1に、主要部材の断面図および断面配置図を図-2に示す。本研究では、支間 50m、全幅員 6.9m（有効幅員 6.0m）、ライズ 6.5m を有する下路式ワーレントラス橋を解析対象とした。図-2に示す通り上弦材と下弦材はボックス断面構造となっており、支点部から支間中央にかけて断面が大きくなっていく構造となっている。逆に、斜材は支点部から支間中央にかけて断面が小さくなっていく構造となっており、自重を考慮した場合、圧縮側となる斜材がボックス型断面、引張側となる斜材がH型断面となっている。

本研究では、汎用有限要素法解析ツール SeanFEM を用いて弾性解析を行なった。使用した要素はファイバーモデルとし、要素数 1594、節点数 1468、部材数 134、部材形状数は 24 種類とした。図-1、図-2 中に示した O 点を原点とし、橋軸直角方向に x 軸、高さ方向に y 軸、橋軸方向に z 軸を取った。また、側面図手前側を上流とし A1 側を左岸、A2 側を右岸と仮定した。境界条件を表-1 の境界条件の欄に示す。表中では拘束を○、フリーを×で表した。A1 側をヒンジ支承、A2 側をローラー支承とし、回転拘束は x 軸をフリーとし、y 軸と z 軸を拘束した。解析に使用した各材料定数を表-2 に示す。主要部材には SS400 材を用いることとし、降伏応力は公称値である 235MPa として取り扱う。鉄筋コンクリート床版は、ファイバー要素でモデル化しているため、節点に鉄筋コンクリートの物性値 (24.5kN/m³) を入力することで床版の死荷重を付与した。また、強制変位に関しては単独方向のみを与えることとし、主要部材に生じる最大相当応力が主要部材の降伏応力を超えるまで加えた。

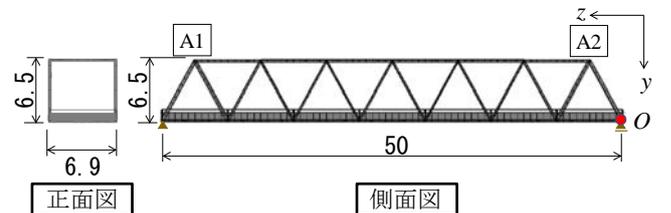


図-1 下路式トラスの正面図および側面図（単位：m）

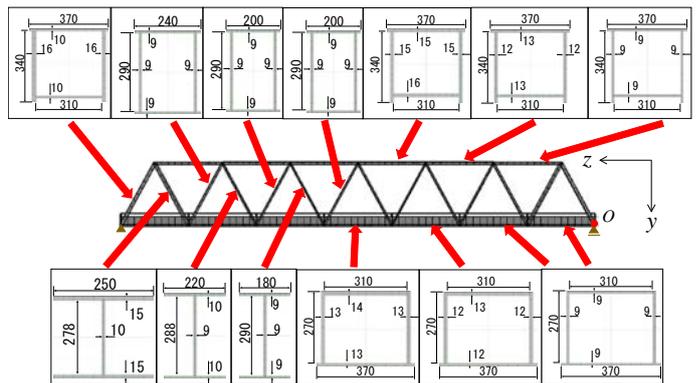


図-2 主要断面図および断面配置図（単位：mm）

表-1 境界条件および強制変位付与条件と解析結果

強制変位方向	境界条件(単位:m)						結果
	A1			A2			
橋軸方向	○	○	○	○	○	○	A1側の下弦材端部
橋軸直角方向	○	○	○	○	○	○	
高さ方向	○	○	○	○	○	○	A2側の端柱の下端部
	○	○	○	○	-0.27	×	

キーワード 地盤変動, FEM, トラス橋

連絡先 〒985-8537 宮城県多賀城市中央一丁目 13 番 1 号 TEL022-368-11

3. FEM解析結果と考察

各モデルにおいて最大相当応力が生じた位置を表-1の結果欄に、橋軸方向にのみ強制変位を与えたモデルの相当応力分布図を図-3に、橋軸直角方向にのみ強制変位を与えたモデルの相当応力分布図を図-4に、高さ方向にのみ強制変位を与えたモデルの相当応力分布図を図-5に示す。各モデルを比較すると橋軸方向、橋軸直角方向、高さ方向の順に降伏応力に達する強制変位量が小さく、橋軸方向のみ強制変位を与えたモデルに関しては僅か0.040m程度の変位であっても降伏点を超える相当応力が下弦材に生じることが示された。この挙動は同じ軸力部材で構成されるアーチ橋の解析結果²⁾と同じ傾向となる。以下に各モデルの詳細について述べていく。橋軸方向に強制変位を与えたモデル(図-3)に関しては、A1側において赤丸付近の下弦材に降伏応力を超える相当応力が生じた。また、相当応力の分布はA1側、A2側で左右対称となり、下弦材端部にかけて大きく、支間中央にかけて小さくなる。また、下弦材がx軸方向に座屈する挙動を示すことが確認された。橋軸直角方向に強制変位を与えたモデル(図-4)に関しては、A1側において赤丸付近の下弦材に降伏応力を超える高い相当応力が発生しているが、A2側に高い相当応力は生じない。ただし、A2側の端下横構の一部が局所座屈する挙動が見られた。また、最大相当応力は、アーチ橋の場合、例えばA1側上流、A2側下流といった点対象で生じるが、トラス橋の場合、変位を加えていない側の上下流に最大相当応力が生じた。高さ方向に強制変位を与えたモデル(図-5)に関しては、A2側において赤丸付近の端柱に降伏応力を超える高い相当応力が生じた。相当応力の分布はA2側の上弦材と斜材、端柱の格点付近にも降伏応力を超えはしないものの高い相当応力が生じ、A1側には大きな相当応力は生じなかった。

4. まとめ

本研究では、FEM解析を用いて地盤変動時にトラス橋に生じる挙動を照査した。橋軸方向、橋軸直角方向、高さ方向、それぞれの単独方向に荷重を与え解析を行なったところ、橋軸方向、橋軸直角方向、高さ方向の順に降伏応力に達する強制変位量小さくなることが確認された。また、各条件ごとに特徴的な応力分布、変形挙動が現れることが示された。今後、死荷重のみを考慮していた床版の詳細モデル化、複合方向の強制変位解析、弾塑性解析など、より詳細な解析を行っていき、多くのデータを蓄積していく予定である。

参考文献

- 1)橋善雄，(中井博改訂)，橋梁工学，共立出版株式会社，付録・トラス橋の設計図，1994.
- 2)千田ら，鋼アーチ橋における地盤変動時の挙動に関する数値解析的検討，第22回橋梁等の耐震設計シンポジウム講演論文集，pp.257~264，2019.

表-2 解析に使用した各材料定数

部材	ヤング率 (GPa)	単位体積重量 (kN/m ³)	せん断弾性係数 (GPa)
鋼材	206	77	77
鉄筋コンクリート	25	24.5	10.78

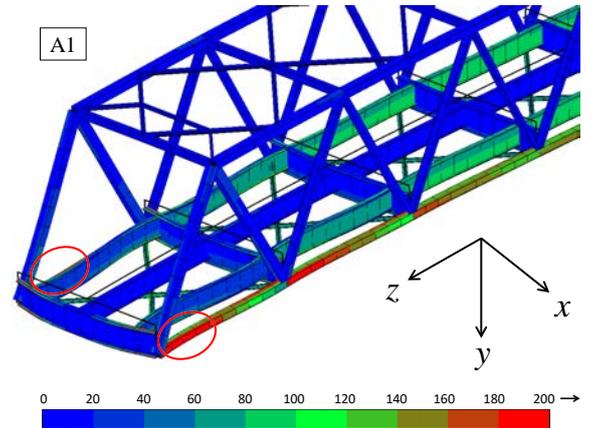


図-3 橋軸方向相当応力分布図 (単位: MPa)

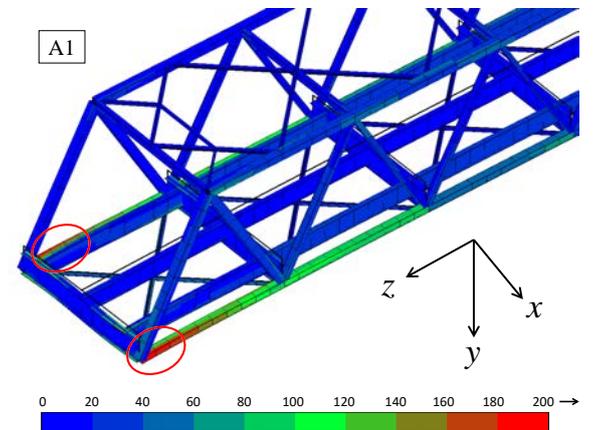


図-4 橋軸直角方向相当応力分布図 (単位: MPa)

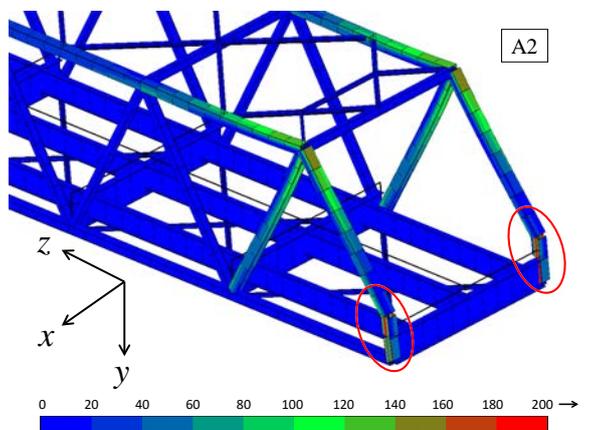


図-5 高さ方向相当応力分布図 (単位: MPa)