

FEM による地盤変動時における鋼アーチ橋に生じる挙動に関する基礎的検討

東北学院大学 学生会員 ○岩本 信太郎 正会員 千田 知弘
株式会社長大 非会員 野本 淳也 西日本高道路株式会社 非会員 崔 準祐

1. はじめに

2016 年 4 月に発生した熊本地震においては、地盤変動に伴うアーチアバットの滑動によって、少なくとも 2 橋の鋼アーチ橋のアーチリブに甚大な損傷が生じた。地盤変動に関する記述を H29 道示に求めると、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されており、対策はこれからの課題となっている。そこで本研究では、地盤変動による橋梁被害に関する評価を適切に道示に反映していく基礎研究として、鋼アーチ橋を対象とし、床版、アーチリブに強制変位を与えた解析を行い、どのような挙動がアーチ橋に生じるのかを照査した結果を報告する。

2. 解析モデルおよび解析方法

解析対象とする上路式鋼アーチ橋の側面図を図-1 に、アーチリブの断面図および断面配置図を図-2 に、床版の断面図を図-3 に示す。本研究では、全幅員 8.8m（有効幅員 8.0m）、アーチ支間 124.0m を有する仮想の上路式トラス逆ランガーアーチ橋を対象とした。アーチライズは 18.0m とし、内側にそれぞれ 6°傾斜したモデルとした。

本研究では、凡用 FEM 解析ツール ANSYS (Ver19, ANSYS, Inc) を用いて、4 面体 10 節点 30 自由要素ソリッドで詳細にモデ

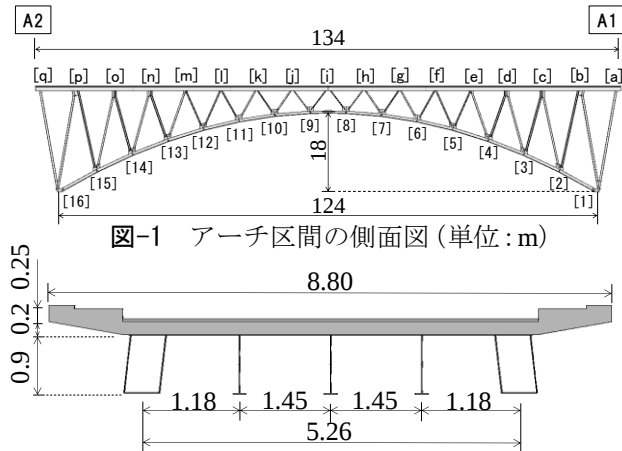


図-1 アーチ区間の側面図 (単位: m)

図-3 床版の断面図 (単位: m)

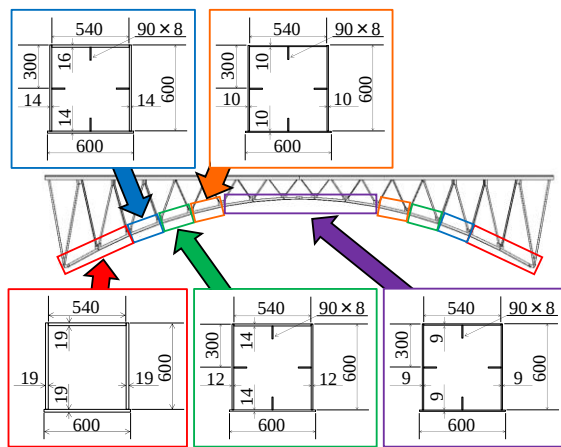


図-2 アーチリブの断面および断面配置図 (単位: mm)

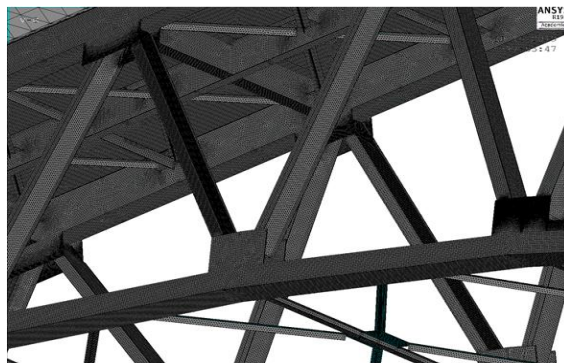


図-4 要素分割の一例

表-1 境界条件と強制変位付与条件および解析結果

強制変位方向	No.	アーチリブおよび床版への 強制変位条件	境界条件(単位:m)												解析結果		
			アーチ支承						上弦材・床版下部						相当応力(単位:MPa)		
			A1			A2			A1			A2			最大値	最大値周辺	位置
橋軸方向	(1)	z方向・リブ+床版	○	○	0.25	○	○	○	x	x	0.25	x	x	x	916.71	597.87	上下流 11
	(2)	z方向・リブ	○	○	0.25	○	○	○	x	x	x	x	x	x	326.76	261.36	クラウン部 上下流
	(3)	z方向・床版	○	○	0.25	○	○	○	x	x	x	x	x	x	1319.30	816.01	上流 12
	(4)	z方向・リブ+床版	○	○	-0.25	○	○	○	x	x	x	x	x	x	424.86	58.709	クラウン部 上下流
橋軸直角方向	(5)	x方向・リブ	0.25	○	○	○	○	○	x	x	x	x	x	x	204.23	186.64	上流 2, 下流 15
	(6)	y方向・リブ	○	0.25	○	○	○	○	x	x	x	x	x	x	119.19	83.967	上下流 2, 15
複合方向	(7)	xz方向・リブ+床版	0.18	○	0.18	○	○	○	x	x	0.18	x	x	x	250.76	214.72	下流 11
	(8)	xz方向・リブ	0.18	○	0.18	○	○	○	x	x	x	x	x	x	260.09	230.06	上流 5
	(9)	yz方向・リブ+床版	○	-0.18	0.18	○	○	○	x	x	0.18	x	x	x	634.65	369.99	上流 6
	(10)	yz方向・リブ	○	-0.18	0.18	○	○	○	x	x	x	x	x	x	248.99	164.33	下流 10
	(11)	xy方向・リブ	0.18	-0.18	○	○	○	○	x	x	x	x	x	x	251.58	129.37	上流 2, 下流 15
	(12)	xyz方向・リブ+床版	0.14	-0.14	0.14	○	○	○	x	x	0.14	x	x	x	597.30	359.46	上下流 6
	(13)	xyz方向・リブ	0.14	-0.14	0.14	○	○	○	x	x	x	x	x	x	234.09	213.28	上流 6

キーワード 地盤変動, 鋼アーチ橋, FEM

連絡先 〒980-8537 宮城県多賀城市中央一丁目 13-1 TEL022-368-7418

ル化し弾性解析を行なった。境界条件と強制変位の付与条件を表-1の境界条件欄に、使用した各材料定数を表-2に、要素分割図の一例を図-4に示す。要素サイズは鋼材を10～50mm、床版のコンクリートを500mmとし、全節点数は4166万4936節点とした。強制変位に関しては、 x 方向、 y 方向、 z 方向に0.25mを入力するのを基本とし、それぞれを組み合わせた合計13種類に対して挙動を確認した。

3. 結果と考察

各モデルの最大相当応力の値とその位置を表-1の解析結果欄に、解析に用いた各材料定数を表-2に、モデル(2)の相当応力分布図を図-5に、モデル(5)の図を図-6に、モデル(8)の図を図-7に示す。単独方向に強制変位を与えたモデル(1)～(6)を比較すると、高さ方向、橋軸直角方向、橋軸方向の順に最大相当応力が高くなっている。橋軸方向に強制変位を与えたモデルは0.25m程度の変位であっても、降伏点を超える応力がアーチリブに生じることが示された。橋軸方向に強制変位を与えたモデル(1)～(3)の違いは、床版とアーチリブへの強制変位条件であるが、床版にも強制変位を与えたモデル(1)の場合、モデル(2)の約2.8倍の916.71MPaの相当応力が生じている。さらに、モデル(3)の場合、床版にのみ強制変位を与えたにも関わらず、約4.0倍の1319.3MPaもの相当応力が生じており、これは全モデルの中で最も高い値となった。これは、アーチリブに生じる相当応力は床版の変位に大きく影響されることを示すものである。なお、アーチリブのみ引張方向の強制変位を与えたモデル(4)と圧縮方向の強制変位を与えたモデル(2)を比較すると、モデル(4)の方が約1.3倍程度の差に留まる。

一方、複合的に強制変位を与えたモデル(7)～(13)を照査すると、全てのモデルの挙動は単独方向の重ね合わせとなることが示された。よって、複合方向の成分に橋軸方向の成分が含まれるモデルに高い相当応力が生じている。変形形状に関しても同じことが言え、橋軸方向変位成分を含むモデルは、橋軸方向単独で与えたモデルと同じような変形形状が現れる。

4. まとめ

本研究では、実在の上路式アーチ橋を参考として床組も含めて詳細にモデル化し、地盤変動が生じた際に上路式アーチ橋に生じる挙動をFEM解析で照査した。アーチリブに対してのみ強制変位を与えた場合、橋軸方向変位モデルの最大相当応力が最も高くなることが示された。また、全ての複合方向のモデルの挙動は、単独方向の挙動の重ね合わせとなることが示された。一方、床版に強制変位を与えると、アーチ生じる相当応力が著しく高くなることが示された。全モデル中で最も高い相当応力が生じたモデルは床版にのみ橋軸方向変位を与えたモデルであった。地盤変動を考慮したアーチ橋の設計を行なっていくためには、床版の挙動を留意する必要があると認められた。

参考文献

例えば、1)千田知弘，細川智孝，崔準祐：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回橋梁との耐震設計シンポジウム講演論文集

表-2 解析使用した要素形状と各材料定数

部材	要素・自由度	ヤング率(GPa)	ポアソン比	単位体積重量(kN/m ³)
鋼材	4面体10節点30自由度	206	0.3	77.0
コンクリート		25	0.2	24.5

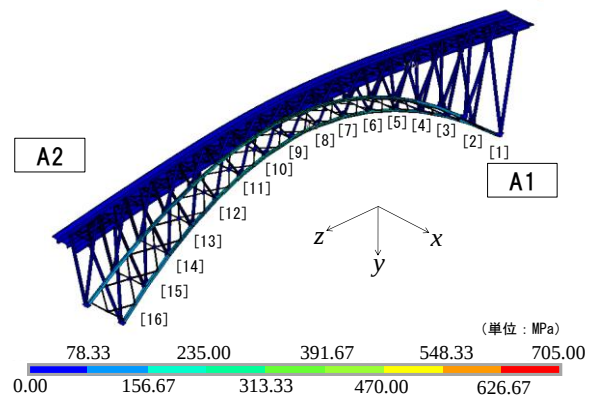


図-5 モデル(2)における相当応力分布

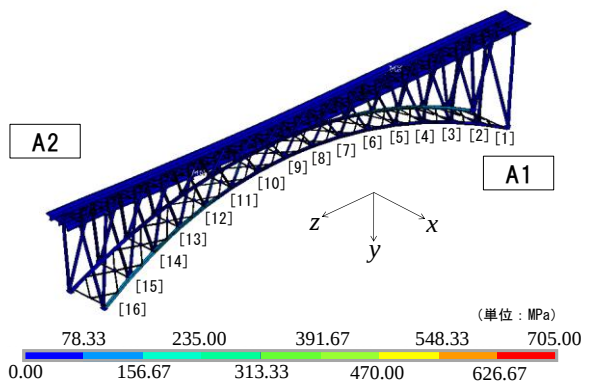


図-6 モデル(5)における相当応力分布

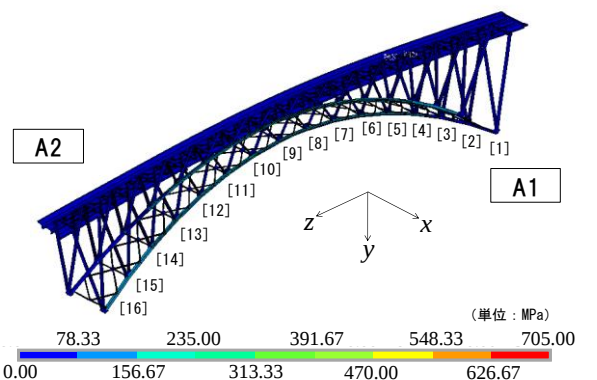


図-7 モデル(8)における相当応力分布