

アーチ橋における幾何学的非線形性の影響

横河ブリッジ
九州産業大学

正会員 光田 浩*1
フェロー 水田 洋司*3

ヤマ設計
ヤマ設計

正会員 ○野中 哲也*2
正会員 韓 兵*2

1. まえがき

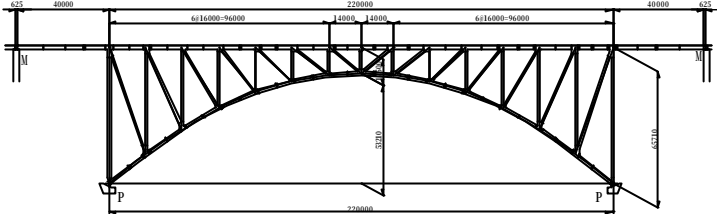
一般的にアーチ支間の大きい上路，中路形式の鋼アーチ橋は，偏載荷重によって生じる骨組線の変位の影響が大きいと見られるが，変位後の骨組形状を考慮して断面力を算出する必要がある．アーチをスパンドレルブレース形式にすれば変形が押さえられることから，幾何学的非線形性の影響が小さいと考えられるが，明確に示されたものは見あたらない．また，動的解析における幾何学的非線形性の影響について議論された例もあまりない．本論文は，実在する上路式のスパンドレルブレースドアーチ橋をモデルとし（図－1参照），微小変位理論と有限変位理論の2つの理論を用いて静的解析および動的解析を行った結果を記述したものである．なお，幾何学的非線形性の影響を確認することを目的とするため，材料非線形性に関しては考慮していない．

2. 活荷重による幾何学的非線形性の影響（静的解析）

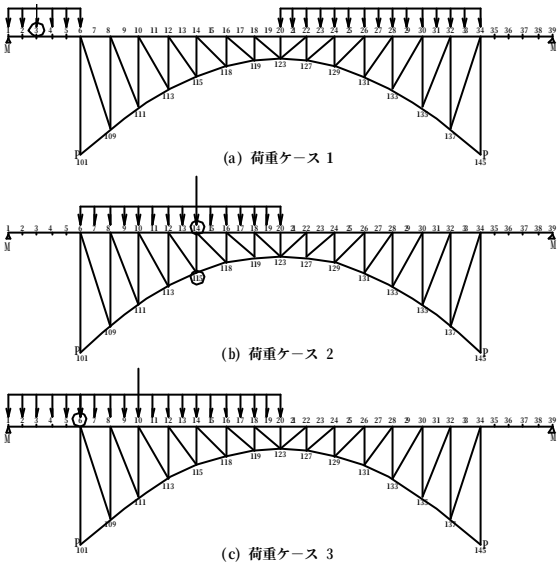
活荷重静的載荷時における幾何学的非線形性の影響について調べる．図－2に活荷重静的載荷状態を示す．荷重ケース1～3の3ケースは，補剛桁の側径間中央点，アーチリブ支間1/4点，補剛桁の中間支点位置にそれぞれ着目した載荷状態である．各荷重ケースにおいて，微小変位と有限変位のそれぞれの理論によって解析して，補剛桁とアーチリブの各着目点の最大曲げモーメントを算出した結果を表－1に示す．計算結果より，アーチリブ，補剛桁とも有限変位の影響は，見られない．よって，スパンドレルブレースド形式である本モデル橋においては，活荷重によって生じる幾何学的非線形性の影響は小さいと考えられる．

3. 初期軸力が固有振動数に与える影響

初期軸力が固有振動数に与える影響について確認する．死荷重による初期軸力を考慮した場合と考慮しない場合のそれぞれのケースによる固有振動数解析結果を表－2に示す．一般的な上路アーチ橋の場



図－1 モデル橋（単位：mm）



図－2 荷重の載荷状態

表－1 活荷重による曲げモーメントの解析結果

				My (kN・m)	
着目点	格点番号	微小変位	有限変位	微／有	備考
アーチリブ	115	797	795	1.00	ケース2
	3	6321	6334	1.00	ケース1
補剛桁	6	3238	3250	1.00	ケース3
	14	-1352	-1363	0.99	ケース2

表－2 固有振動数解析結果

モード	初期軸力未考慮				初期軸力考慮			
	固有周期	固有振動数	刺激係数		固有周期	固有振動数	刺激係数	
	T (s)	f (Hz)	X	Y	T (s)	f (Hz)	X	Y
1	1.1598	0.8623	0.05	73.97	1.1635	0.8595	0.05	73.97
2	1.0131	0.9871	-67.26	0.05	1.0179	0.9824	-67.20	0.05
3	0.5714	1.7501	-0.07	-0.01	0.5724	1.7470	-0.07	-0.01
4	0.5344	1.8714	2.49	0.00	0.5352	1.8686	2.59	0.00
5	0.5342	1.8720	1.04	0.00	0.5350	1.8692	0.96	0.00
6	0.5244	1.9069	0.01	0.03	0.5251	1.9043	-0.01	-0.03
7	0.4123	2.4252	41.95	-0.01	0.4130	2.4213	-42.05	0.01
8	0.3831	2.6106	-0.05	0.00	0.3842	2.6031	-0.06	0.00
9	0.3193	3.1323	0.00	27.68	0.3194	3.1311	0.00	27.72
10	0.2841	3.5195	-0.99	-0.01	0.2850	3.5093	0.94	0.02
11	0.2694	3.7119	0.04	0.09	0.2705	3.6967	0.04	0.09
12	0.2626	3.8077	-0.03	-14.75	0.2639	3.7893	0.03	14.69
13	0.2314	4.3224	0.03	-0.01	0.2320	4.3101	-0.03	0.01
14	0.2055	4.8672	-0.01	0.02	0.2057	4.8611	-0.01	0.02
15	0.1898	5.2691	2.96	0.00	0.1903	5.2543	2.96	0.00

キーワード 幾何学的非線形性，スパンドレルブレースドアーチ，動的解析

*1 〒592-8331 大阪府堺市築港新町2-3
*2 〒460-0002 名古屋市中区丸の内3-17-6
*3 〒813-0004 福岡市東区松香台2-3-1 九州産業大学工学部

TEL 072(241)1147 FAX 072(241)2801
TEL 052(959)2250 FAX 052(959)2268
TEL 092(673)5050 FAX 092(673)5093

合、固有振動数の解析に初期軸力が影響する¹⁾。しかし、本結果より初期軸力を考慮した場合の固有振動数の方が考慮しない場合より若干小さくなっているものの、全体的にはほとんど変わりなく、初期軸力の影響はほとんどない。

4. 動的解析における幾何学的非線形性の影響

動的解析における幾何学的非線形性の影響について確認する。
図-3に解析手順を示す。

入力地震波 : Type II-1-1 (橋軸方向)

逐次積分法 : Newmark- β 法 ($\beta=1/4$)

減 衰 : Rayleigh 減衰

以上の条件で微小変位と有限変位のそれぞれの理論を用いた動的解析を行う。なお、有限変位解析は、微小ひずみ・有限変位理論に基づいている。図-4は、アーチリブ各部材に作用する最大応答曲げモーメントを有限変位解析結果/微小変位解析結果で無次元化したものである。面内曲げモーメントとは、橋軸直角方向軸回り曲げモーメントであり、面外曲げモーメントは橋軸方向軸回り曲げモーメントのことを示している。図-5には、補剛桁各部材に作用する最大応答曲げモーメントの結果を示す。解析結果はアーチリブと同様、有限変位解析結果/微小変位解析結果で無次元化している。解析結果より、微小変位と有限変位のそれぞれの解析理論にて算出した最大応答曲げモーメントの差異は、10%以下と小さい。図-6にはアーチリブ各部材に作用する軸力の最大値を有限変位と微小変位の各理論によって解析して比較した結果を示す。軸力に関しては、活荷重による変位の影響をほとんど受けないことが明らかにされている²⁾。本検討の静的解析時および動的解析時においても同様に幾何学的非線形性の影響はほとんど現れていない。

5. 結論

スパンドレルブレス形式の上路アーチ橋をモデルに、静的解析、および動的解析時における幾何学的非線形性の影響を検討した。解析結果より有限変位と微小変位それぞれの理論を用いた解析結果の差異は、活荷重静的载荷の場合は1%未満、動的解析の場合には、ほとんどの着目点で数%以内、最大でも10%以下と小さい。これらの結果より、スパンドレルブレス形式の上路アーチ橋では、幾何学的非線形性の影響が小さいことを確認できた。また、初期軸力が固有振動数に与える影響も合わせて検討したが、この点に関してもほとんど影響が見られなかった。なお、本論文は、土木学会地震工学委員会、動的耐震設計法に関する研究小委員会（委員長、大塚久哲 九州大学大学院教授）において行われた検討事項の一部をまとめたものである。

参考文献

- 1) (社)土木学会鋼構造委員会：鋼構造の限界強度・保有性能の評価方法に関する研究小委員会報告書、第5編 骨組構造物の限界状態と設計法、pp.5-24, 2002
- 2) 尾下里治, 大森邦雄：線形化有限変位理論によるアーチ橋の設計法の提案, 構造工学論文集, Vol.44A, pp.1163~1170, 1998.3

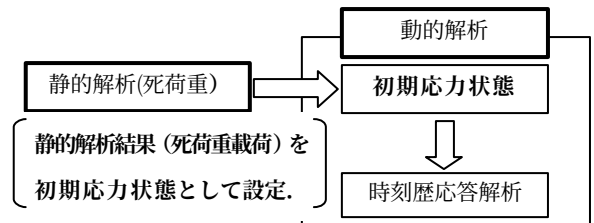


図-3 解析手順

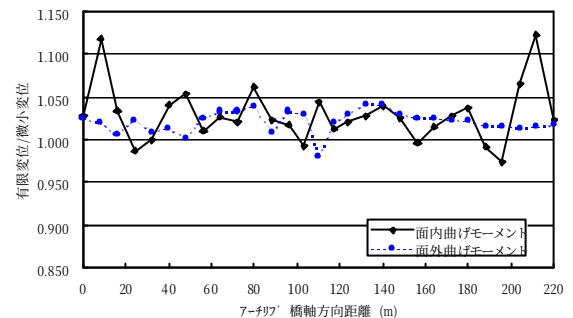


図-4 動的解析結果（アーチリブ曲げモーメント）

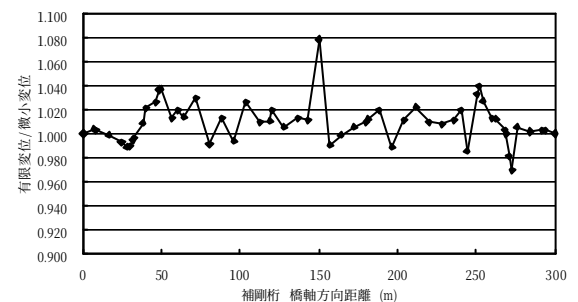


図-5 動的解析結果（補剛桁曲げモーメント）

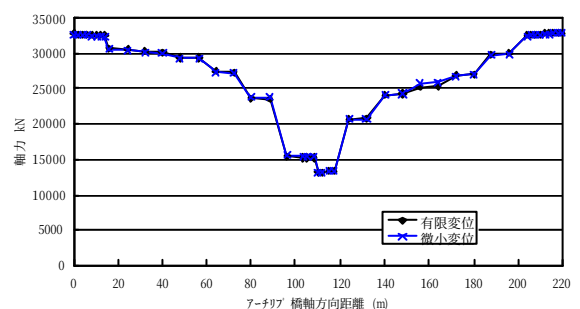


図-6 動的解析結果（アーチリブ軸力）